

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix - Travail - Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA

DEPARTEMENT DE GENIE
MECANIQUEUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace - Work - Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA

DEPARTMENT OF
MECHANICALE
ENGINEERING

Filière
CONSTRUCTION MECANIQUE

**CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A
FABRIQUER DES TUILES**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II)

Par : MBALLA ESSAH Sylvain

Sous la direction de
Dr TAWÉ Layndé
Pr BETENE Fabien
Maitre de Conférences à l'Université de
DOUALA

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE



REMERCIEMENTS

Pour mettre sur pied une œuvre scientifique plus ou moins valide, son promoteur aura sans doute toujours besoin d'appuis de nature quelconque. Notre document ici présenté ne fera pas exception à cette logique car, sa mise sur pied aura bénéficié des avantages de cette règle devenue universelle dans le domaine des sciences. Pour cela, nous tenons à remercier toute personne qui de prêt ou de loin aura participé à la mise sur pied de notre document.

Nous remercions notamment:

- l'encadreur de nos travaux dont je ne trouve les mots pour assez remercier pour tous ce qu'il a fait et a représenté tout au long de notre formation, le nommé [Dr TAWÉ Layndé](#) ;
- Le superviseur de nos travaux le nommé : [Pr BETENE Fabien](#) pour sa haute disponibilité ainsi que pour les conseils édifiants dans la mise sur pied de notre document ;
- Le Chef de Département du Génie Mécanique ; le nommé [Pr KANAA Thomas ce grand homme](#) pour les savoirs qu'il nous a inculqués et aussi pour tous ses conseils qui visent à faire de nous des enseignants pleins de compétences et d'aptitudes ;
- Le responsable de la division de coopération, de recherche et de la relation avec les entreprises ; le nommé [M. ATANGANA Mesmin](#) pour sa grande disponibilité et aussi pour tout les efforts fournis pour nous permettre d'effectuer des stages de qualité.

Il nous est également très agréable de remercier :

- Tout le corps enseignant de l'ENSET d'Ebolowa, et plus particulièrement celui du département du génie mécanique pour les enseignements et leur abnégation afin de nous former au mieux lors des classes d'enseignement apprentissage ;
- Ma maman [OBONO Marie Fidele](#) pour qui je ne trouverais certainement plus les mots pour dire merci et présenter toute ma reconnaissance ;
- Ma famille toute entière pour tout le soutien, le réconfort et l'accompagnement dans mes études ;
- [M. MEDZA Jacques](#) pour tout ce qu'il représente dans le cadre de cette formation
- Mme [ABOSSOLO MBAPPE Agnès](#) cette merveilleuse mère à qui je dis un sincère merci pour tout;
- Mes camarades de classe et amis pour les échanges intellectuels.

Nous tenons aussi à exprimer nos sincères reconnaissances et nos vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail.

RESUME

Le but de notre travail étant de faciliter l'accès aux machines de tuilerie de qualité et de promouvoir l'emploi des produits et matériaux locaux dans le recouvrement des maisons d'habitations et autres bâtisses, il nous a été donné dans le cadre du mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du DIPET II de concevoir et réaliser une machine à commande mixte capable de produire des tuiles plates. Désormais cela fait, les tuileries aux bourses faibles peuvent voir en cette réalisation une opportunité de développement et de renforcement de leurs capacités de production.

ABSTRACT

The aim of our work being to facilitate access to quality tile-making machines and to promote the use of local products and materials in the covering of residential houses and other battisses, it was given to us as part of end of study memory in order to obtain the DIPET II to design and produce a mixed control machine capable of producing flat tiles. Now that done, the tuileries on weak stock exchanges can see this achievement as an opportunity to develop and strengthen their production capacities.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

ABREVIATIONS	SIGNIFICATIONS
ENSET	Ecole Normale Supérieure D'Enseignement Technique
PU	Prix unitaire
PT	Prix total
MITC	Matériel et installation très couteux
MIMC	Matériel et installation moins couteux
TCPO	Très grande capacité de production
BCPO	Bonne capacité de production
FCPO	Faible capacité de production
POP	Protection de l'opérateur
EOP	Exposition de l'opérateur
BQPO	Bonne qualité des produits
MQPO	Mauvaise qualité
GIP	Grand intérêt pédagogique
FIP	Faible intérêt pédagogique
TGEE	Très grand apport énergétique extérieur
MEE	moyen apport extérieur en énergie électrique
PEE	pas d'apport extérieur
TPE	Temps de production élevé
TPM	temps de production moyen
TPC	Très de production très court
HQO	Haute qualification de l'opérateur
FQO	faible qualification de l'opérateur

LISTE DES FIGURES

Repère	Désignation	Page	Repère	Désignation	Page
FIGURES DU CHAPITRE 1					
FIG 1	<i>Tuile canal</i>	4	FIG 19	<i>Tuilerie simonnet 1899</i>	12
FIG 2	<i>Tuile plate</i>	4	FIG 20	<i>Tuilerie JUGENOT</i>	13
FIG 3	<i>Tuile mécanique</i>	4	FIG 21	<i>Tuilerie Gilardoni 1925</i>	14
FIG 4	<i>Tuile faitière</i>	5	FIG 22	<i>Four OFFMA NN chez SIMONNET</i>	15
FIG 5	<i>Extraction des terres</i>	6	FIG 23	<i>Presse venue de l'atelier Gilardoni</i>	16
FIG 6	<i>Stockage des terres</i>	6	FIG 24	<i>Presse à barillet</i>	16
FIG 7	<i>Tapis de mouleuse de terre</i>	6	FIG 25	<i>Came de commande</i>	17
FIG 8	<i>Galette de terre cuite</i>	6	FIG 26	<i>Presse à plateau</i>	18
FIG 9	<i>Sortie des tuiles de la presse</i>	7	FIG 27	<i>Vue de presse estampeuse</i>	19
FIG 10	<i>Aperçu de four moderne</i>	7	FIG 28	<i>Outils de presse métallique</i>	20
FIG 11	<i>Aperçu de four moderne</i>	7	FIG 29	<i>Outils de presse en caoutchouc</i>	21
FIG 12	<i>Poste de test</i>	7	FIG 30	<i>Outils de presse en plâtre</i>	22
FIG 13	<i>Schéma explicatif du processus</i>	8	FIG 31	<i>Couverture de tuiles sur bâtisse coloniale</i>	22
FIG 14	<i>Caractéristiques dimensionnelles d'une tuile plate</i>	9	FIG 32	<i>Outils rudimentaires (tuilerie artisanale)</i>	24
FIG 15	<i>Schéma explicatif du processus</i>	10	FIG 33	<i>Machine à commande manuelle</i>	24
FIG 16	<i>Résistance au gel</i>	11	FIG 34	<i>Machine à commande électrique</i>	24
FIG 17	<i>Étanchéité au l'eau</i>	11	FIG 35	<i>Machine et installations semis et automatisées</i>	25
FIG 18	<i>Résistance thermique</i>	11			
FIGURES DU CHAPITRE 2					
FIGII.1	<i>Moule métallique pour tuiles en béton</i>	27	FIG II. 9.	<i>Diagramme des frontières du besoin</i>	34
FIG II.2	<i>Moules en bois pour tuile en</i>	27	FIGII.10	<i>Diagramme bête à cornes</i>	34

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

	<i>terre</i>			<i>d'une machine à fabriquer des tuiles</i>	
FIG II. 3	<i>Presse manuelle</i>	28	FIG II.11	<i>Diagramme de validation du besoin</i>	35
FIG II. 4	<i>Presse hydraulique</i>	28	FIGII.12	<i>Diagramme des interactions</i>	35
FIGII.5	<i>Extrudeuse</i>	29	FIG II.13	<i>Diagramme pieuvre du produit</i>	36
FIGII.6	<i>Centrale de commande des robots</i>	30	FIG II.14	<i>Diagramme fast de fonctions techniques de la machine</i>	38
FIGII.7	<i>Chaine de fabrication des tuiles</i>	30	FIG II.1	<i>Schéma cinématique prototype à commande manuelle</i>	39
FIGII.8	<i>Diagramme venn des relations</i>	33	FIG II.16	<i>Schéma cinématique du prototype à commande mixte</i>	40
FIGURES DU CHAPITRE 3					
FIG III.1	<i>Schéma cinématique du prototype à commande mixte</i>	43	FIGIII.4	<i>Schéma de présentation de l'angle d'enroulement</i>	54
FIGIII.2	<i>Schéma cinématique convoyeur</i>	52	FIGIII.5	<i>Coupe de la courroie</i>	56
FIGIII. 3	<i>Système poulie courroie</i>	53	FIGIII.6	<i>Schéma de clavette montée</i>	56
FIGURES DU CHAPITRE 4					
FIG IV.1	<i>Graphe ordonné des niveaux</i>	62	FIG IV.3	<i>Diagramme du chemin critique</i>	
FIG IV.2	<i>Graphe sagittal</i>	62			

LISTE DES TABLEAUX

Repère	Désignation	Page
Tab II.1	Tableau d'analyse simple	32
Tab II.2	<i>Fonctions machine</i>	36
Tab II.3	<i>Nomenclature</i>	39
Tab II.4	<i>Nomenclature du prototype</i>	40
TabIII.1	<i>Nomenclature du prototype</i>	43
Tab IV.1	Recueil des activités et taches	61
TabIV.2	Recueil des tâches et leurs antériorités	61
Tab IV.3	Matrice de niveaux	62
Tab IV.4	Elaboration du tableau des opérations élémentaires	67
Tab IV.5	Contraintes d'antériorités	68
Tab IV.6	Opérations et niveaux	69
Tab IV.7	Regroupement des opérations en phase	70
Tab IV.8	Avant-projet d'étude de fabrication	70
Tab IV.9	FEUILLE D'ANALYSE D'USINAGE	71
Tab IV.10	Opérations élémentaires	76
Tab IV.11	Association des surfaces élémentaires	77
TabIV.12	Analyse des contraintes d'antériorité	77
Tab IV.13	Niveau d'usinage	78
Tab IV.14	Groupement en phase	79
TabIV.15	Avant-projet d'étude de fabrication	79
TabIV.16	FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION	80-81
Tab IV.17	Devis de réalisation du prototype	83
TabIV.18	Fiche de visite systématique	84-85

LISTE DES GRANDEURS ET LEURS UNITES

Abréviation	Désignation	Unité
M	La masse	kg
F	La force	N
C	Couple	N.m
P	La pression	M_{pa}
L	Longueur	m
S	Surface	m^2
θ	L'angle	rad
M_{fy}	Moment fléchissant	N.m
μ	Coefficient de frottement terre-acier	
L	Longueur de l'axe de compactage	mm
L	Largeur de du tapis	mm
α	Angle de balayage de l'arc en contact avec la terre	°
T_y	Effort tranchant	
$\{ \tau_{coh} \}_R$	Torseur de cohésion interne	
Q	Force linéique	N/(mm)
\vec{N}	Effort normal	N
\vec{T}	Effort tangentiel	N
σ_{adm}	Contrainte admissible	M_{pa}
σ_{Max}	Contrainte Normale maximale	M_{pa}
d	Diamètre arbre	mm
f	Coefficient de frottement cuire acier	
β	Angle d'enroulement du tapis sur l'axe	deg
Δ	Entraxe	mm
T	Temps de fabrication de la tuile	s
V	Vitesse du tapis	m/s
N	Vitesse de rotation	Tr/min
P	Puissance utile	W
K_l	Coefficient correcteur	
L_p	Longueur primitive	mm
P_b	Puissance de base	KW
P_{ad}	Puissance admissible par la courroie	KW

AVANT-PROPOS

L'Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technique (ENSET), créée par le décret présidentiel N° 2017/586 du 24 Novembre 2017, est un établissement d'Enseignement Supérieur relevant de l'Université de Yaoundé I. elle est située au campus de Metykpwale dans la ville d'Ebolowa et abrite un bloc administratif, des salles de classes, un restaurant et bien d'autres.

L'ENSET a pour mission d'assurer :

- La formation des enseignants de l'Enseignement Secondaire Technique et des Conseillers d'Orientation Scolaire, Universitaire et Professionnelle ;
- La promotion de la recherche scientifique, technologique et pédagogique, ainsi que la valorisation des résultats de la recherche dans son implémentation ;
- L'appui au développement ;
- Le recyclage et le perfectionnement du personnel de l'Enseignement Secondaire Technique, des professionnels dans ses domaines de formation.

L'ENSET D'EBOWA est une école normale Supérieure d'enseignement technique appartenant à l'Université de Yaoundé I. Les étudiants y sont admis par concours. On y pratique le système Licence-Master -Doctorat (LMD) avec une prédominance du Master.

Les programmes officiels régissent le déroulement des enseignements dans son campus. Ces programmes comportent un ensemble d'enseignements organisés en cours magistraux, travaux dirigés, travaux pratiques, bureau d'études techniques, travaux personnels de l'étudiants, stages en entreprise.

Les études dans le premier cycle ont pour objectif d'initier les étudiants aux techniques industrielles. Ils sont formés pour enseigner les collèges d'enseignements techniques. La validation de toutes les Unités d'Enseignement (UE) du 1^{er} cycle correspondant au nombre de crédits agréé donne droit à une admission au 2^{ème} cycle et à une obtention d'un DIPLET 1 après rédaction du rapport de stage et d'un projet de mémoire.

Le second cycle couvre quatre semestres. Les objectifs visés par les enseignements du second cycle sont de :

- Donner à l'étudiant les connaissances professionnelles, technologiques et de managements pour une opérationnalité immédiate à l'enseignement ;

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

- D'initier l'étudiant à la recherche par l'acquisition des connaissances scientifiques de haut niveau.

Les études du 2nd cycle sont sanctionnées par la validation de tous les stages et unités d'Enseignement correspondants au nombre de crédits indiqués et l'obtention du Diplôme de professeur des lycées d'enseignement technique.

Les Départements sont chargés de concevoir, d'exécuter, de suivre les programmes d'enseignement et d'assurer la gestion académique des examens et autres évaluations des connaissances. Comme Départements nous pouvons citer :

- GENIE MECANIQUE ;
- GENIE ELECTRIQUE ;
- GENIE CIVIL ;
- AGRICULTURE ;
- MAINTENANCE ;
- GEOMATIQUE ;
- GENIE INFORMATIQUE ;
- CONSEILLER D'ORIENTATION ;
- INGENIERIE DU BOIS ;
- INNOVATION, TECHNIQUE COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES ;
- GENIE TOURISME ET HOTELLERIE ;
- INNOVATION.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS..... II

RESUME III

ABSTRACT IV

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS..... V

LISTE DES FIGURES..... VI

LISTE DES TABLEAUX..... VIII

LISTE DES GRANDEURS ET LEURS UNITES IX

AVANT-PROPOS X

INTRODUCTION GENENERALE..... 1

CHAPITRE 1: GENERALITES SUR LA FABRICATION DES TUILES 2

INTRODUCTION..... 3

I.I. CERAMIQUES..... 3

I.II. TUILE..... 3

I.III TUILERIES..... 13

I.IV TUILE ET TUILERIE AU CA MEROUN..... 22

I.V. QUELQUS MACHINES ET INTALLATIONS DES TUILERIES..... 23

CONCLUSION PARTIELLE..... 25

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

<i>INTRODUCTION.....</i>	<i>27</i>
<i>II.I ETUDE DES SOLUTIONS EXISTANTES</i>	<i>27</i>
<i>II.2. ANALYSE DES SOLUTIONS EXISTANTES [PAR NOS SOINS]</i>	<i>31</i>
<i>II.II. PROPOSITION DE PROTOTYPES.....</i>	<i>34</i>
<i>II.II. 1. ANALYSE FONCTIONNEL DU BESOIN.....</i>	<i>34</i>
<i>II.II.2. RECHERCHE ET CARACTERISATION DES FONCTIONS</i>	<i>35</i>
<i>II.II.2.2.4. ETUDE DES DE FONCTIONS TECHNIQUES.....</i>	<i>38</i>
<i>II.II.2.3. CRITERES DE CHOIX DUDIT PROTOTYPE</i>	<i>39</i>
<i>II.II.2.4. PROPOSITION DE QUELQUES PROTOTYPES</i>	<i>39</i>
<i>II.2.4.1. PREMIER CAS : PROTOTYPE A COMMANDE MANUELLE</i>	<i>39</i>
<i>II.2.4.2. SECOND CAS : PROTOTYPE A COMMANDE MIXTE</i>	<i>40</i>
<i>CONCLUSION PARTIELLE.....</i>	<i>41</i>
<i>CHAPITRE 3: ETUDE DE CONCEPTION ET GRAPHISME.....</i>	<i>42</i>
<i>INTRODUCTION.....</i>	<i>43</i>
<i>III.I. PRESENTATION DU PROTOTYPE RETENU.....</i>	<i>43</i>
<i>III.II. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS.....</i>	<i>43</i>
<i>III.II.1 ETUDE STATIQUE (AXE COMPACTEUR 2)</i>	<i>43</i>
<i>III.II.2. ETUDE DE RESISTANCE DES MATERIAUX.....</i>	<i>44</i>
<i>III.II.3 ETUDE STATIQUE (L'AXE RECEPTEUR 5).....</i>	<i>48</i>
<i>III.II.4 ETUDE DE RESISTANCE DES MATERIAUX.....</i>	<i>49</i>

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

<i>III.II.5 DETERMINATION DU DIAMETRE CORRESPONDANT</i>	<i>52</i>
<i>III.II.6 CALCULS DE TRANSMISSION DE PUISSANCE</i>	<i>52</i>
<i>III.III. ETUDE GRAPHIQUE.....</i>	<i>58</i>
<i>CONCLUSION PARTIELLE.....</i>	<i>59</i>
<i>CHAPITRE 4: ETUDE DE FABRICATION, ESTIMATION DES COUTS ET MANTENANCE</i> <i>.....</i>	<i>60</i>
<i>INTRODUCTION.....</i>	<i>61</i>
<i>IV.I. ETUDE DE FABRICATION</i>	<i>61</i>
<i>IV.I .1.PLANNING DE REALISATION DE LA MACHINE.....</i>	<i>61</i>
<i>IV.I .ANALYSE DE FABRICATION.....</i>	<i>63</i>
<i>IV.II. ETUDE FINANCIERE</i>	<i>83</i>
<i>IV.III MAINTENANCE DE LA MACHINE</i>	<i>84</i>
<i>CONCLUSION PARTIELLE.....</i>	<i>85</i>
<i>CONCLUSION GENERALE.....</i>	<i>86</i>
<i>REFERENCES BIBLIOGRAPHIES.....</i>	<i>i</i>

INTRODUCTION GENENERALE

Durant son existence, l'homme exerce des activités. Bien que celles-ci soient différentes il est néanmoins juste de noter qu'elles sont complémentaires et contribuent à l'épanouissement de ce dernier.

C'est dans cet ordre d'idées que l'on constater par exemple que le domaine de la mécanique fait bon ménage avec celui architectural.

La tuile élément de recouvrement des habitations ; compte tenu des avantages telque la durée de vie sur la toiture, le très faible coût du matériau de fabrication reste une très grande opportunité pour le domaine architectural. Son existence et ses techniques de fabrication bien que vieilles de plusieurs milliers d'années, celle-ci a connu un très grand essor dans le monde et notamment en Afrique à l'poque dite coloniale. Aujourd'hui, grâce au développement technologique, ses techniques et moyens de production ont connu un très grand progrès. Mais, qui dit progrès disant aussi lourde dépenses, ses techniques de production devenues ultra modernes se trouvent hors de portée des bourses de petites tulerie mais, restent restreintes à certaines tuileries particulières.

Une étude menée en Afrique centrale en 1969 par le conseil économique des nations unies montre que plusieurs régions du Cameroun sont des zones de haut gisement des matériaux propices à la fabrication des tuiles.

Devant un pareil atout, on ne saurait donc se détourner. Notre thème : **CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES** vient à point nommé pour faciliter l'accès aux machines de tuileries pour toutes les tuileries mais aussi pour promouvoir l'emploi et l'utilisation des produits locaux et biodégradables pour le recouvrement des maisons d'habitation. L'étude complète de notre thème sera donc faite comme suit : généralités sur la fabrication des tuiles ou nous présenteront et exposerons des terme favorisant la parfaite compréhension du thème ; l'étude des solutions existantes et de proposition de prototype au cours de laquelle nous étudierons en profondeur les solutions technologiques permettant la production des tuiles ce qui nous permettra de faire des propositions ainsi que le choix d'une solution ; Des études de dimensionnement et graphique qui nous permettra de déterminer les dimensions des éléments clés de notre machine permettant de visualiser l'image de notre machine ; Une étude de fabrication et analyse des coûts qui nous mènera à la réalisation d'un prototype. Et ferons une conclusion générale à notre étude.

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LA FABRICATION DES TUILES

INTRODUCTION

Ce chapitre introductif vise à présenter des notions nécessaires pour la compréhension de la problématique de base de notre mémoire. Nous introduisons, sommairement la notion de céramique ; profondément les notions de presse et de tuile que nous développons profondément dans ce chapitre, et aussi, celle de machines et installations des tuileries.

I.I. CERAMIQUES

Origines : Le terme « céramique » est dérivé du mot grec « keramos » qui signifie « terre cuite » et s'emploie pour désigner les matières utilisées dans l'industrie de la poterie. Des études récentes révèlent que la transformation de l'argile a connu ses débuts vers 19000 av. J.C. Les poteries les plus anciennes, découvertes au Japon, sont datées entre 8000 et 9000 av. J.C. En 4000 av. J.C., la brique cuite servait déjà à la construction de temples, de palais et de fortifications. Il y a plus de deux mille ans, les Romains ont répandu la technique de la briqueterie dans de vastes régions de l'Europe. En Egypte, on utilisait des plaques céramiques émaillées comme décorations murales pour les pyramides et en Chine, l'art de la porcelaine était connu dès 1000 av. J.C [15]

I.II. TUILE

I.II.1. Définition et rôle

La tuile : La tuile est une plaquette de terre cuite ou de béton dont on se sert pour couvrir les bâtiments [1] ou encore, La tuile est un élément de couverture de formes et de dimensions variables en terre cuite ou en béton.

I.II.2. Historique de la tuile

L'évolution historique de la tuile en tant qu'élément intégré du toit remonte à il-y-a 5.000 ans, en Chine, où les premières entités d'argile, mieux identifiées aujourd'hui comme plaques, furent grandement employées; celles-ci, une fois chevauchées entre elles, permettaient l'étanchéité à l'eau de pluie et une durée supérieure dans le temps par rapports aux systèmes de couverture précédents. Une attention plus grande à la tuile en argile fût prêtée par les Romains environ 3.000 ans plus tard, aussi bien dans la forme que dans le principe, ce qui donna naissance à une architecture dont les témoignages sont présents encore aujourd'hui. Les premiers témoignages concernant les tuiles en béton remontent à 1844 en Bavière (Allemagne) où elles furent produites à niveau artisanal par pressage sans couleur et conçues, aussi bien à l'apparence qu'aux finitions, pour être employées essentiellement dans les zones montueuses. Seulement dans les premières années de 1900 la tuile en béton commença son histoire véritable et la production prit une nouvelle orientation due à

l'introduction des premières machines. Autour de 1940, la tuile en béton devint un produit réel de couverture avec des dimensions standardisées et des caractéristiques d'imperméabilité et de rupture exceptionnelles, ce qui donna naissance dans les années suivantes à une vraie technologie de fabrication industrialisée avec processus d'extrusion automatisé et l'utilisation de moules en acier ou en aluminium. Aujourd'hui la tuile en béton représente un élément de grande valorisation du toit, une alternative importante à la tuile en terre cuite, grâce à ses caractéristiques physicomécaniques incomparables, à la méthode de fabrication simple et aux coûts d'investissements très réduits, sans oublier les consommations d'énergie minimales et le nombre limité de personnel affecté à la production. Le vaste choix de profils et accessoires aujourd'hui disponibles ainsi qu'une ample gamme de couleurs et finitions sont les préliminaires pour faire face à toutes demandes et exigences de marché avec professionnalisme [11]

1.II.3. Types de tuiles

Selon leurs procédés d'obtention nous pouvons citer deux types et donc les modèles conçus sont identique ; ces types de tuiles sont [4] :

- Les tuiles dites pressées
- Les tuiles dites extrudées

Selon leurs matériaux de fabrication nous dénombrons les types suivants [4] :

- Les tuiles en terre cuites(en argile de diverses natures)
- Les tuiles en béton (sable, ciment et ...)
- Tuile en verre

1.II.4. Matériaux utilisées pour la fabrication des tuiles en terre cuite

Ici nous notons que toutes les terres ne sont pas compatibles pour la fabrication des tuiles ; celles compatibles sont les argiles plastiques et les argiles sablonneuses qu'elles soient de couleur : rouge, grise, jaune, marron, brune etc.

Il s'agit plus exactement de celles issues de :[4]

- l'héritage minéral créé par l'altération des roches mères.
- la transformation des minéraux créés par des réagencements partiels des réseaux silicatés.
- la néo genèse minérale créée par une réorganisation partielle de la structure cristalline.

Les minéraux argileux sont constitués principalement de silicium, d'aluminium, d'oxygène et d'ions hydroxyles organisés en couches formées et aussi, de l'oxyde de fer. Et

nous notons que (ces matières premières en plastique lorsqu'elles sont mélangé à de l'eau celles-ci possèdent des qualités mécaniques particulières).

1.II.5. Modèles de tuiles existants

- **les tuiles canal** (ou tuiles creuses, rondes, romanes ou tiges de botte), dont l'élément unique, alternativement posé dans un sens et dans l'autre, a une forme de gouttière tronconique et sert à la fois de tuile de dessous (ou tuile de courant) et de tuile de dessus (ou tuile de couvert) et qui ne comporte pas de système d'accrochage



Figure 1: Tuile canal

- **les tuiles plates**, constituées d'une galette de forme rectangulaire parfois arrondie en écaille.

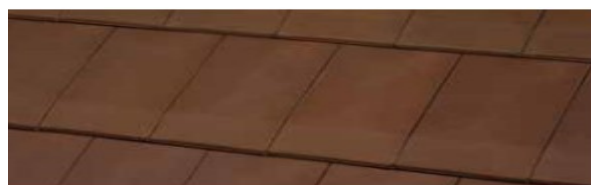


Figure 2 : Tuile plate

- **La tuile à emboîtement ou tuile mécanique** : cette tuile possède sur sa périphérie des nervures (parties en saillie) et des cannelures (parties en creux). Ces reliefs permettent l'assemblage avec les tuiles voisines. Ils assurent une bonne étanchéité, latérale et transversale de la couverture, tout en limitant l'importance du recouvrement d'une tuile sur l'autre.

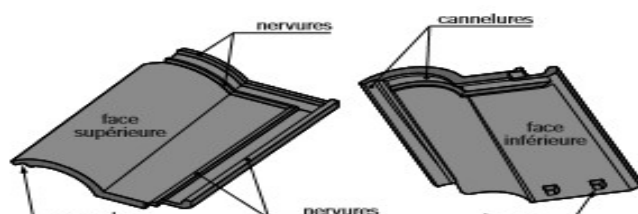


Figure 3 : Tuile mécanique

- **Tuile gironnée** : tuile de forme trapézoïdale, dont les extrémités sont de largeurs différentes
- **Tuile faîtière ou faîtière** : tuile courbe ou angulaire dont on recouvre la ligne de faîte d'une couverture



Figure 4 : Tuile faitière

- **Tuile gambardière** : tuile concave transversalement, dans le sens de la largeur.
- **Tuile flamande** : pour recouvrement à profil en S couché.
- **Tuile romane** : c'est une tuile à emboîtement, comportant une partie plate et une partie.
- **Tuile gironnée** : tuile de forme trapézoïdale, dont les extrémités sont de largeurs différentes

1.II.7. Processus de fabrication des tuiles

1.II.7.1. tuile en terre cuite

Tout d'abord, nous notons que le processus que nous présenterons est celui proposé par l'usine Huguenot de France et concerne les tuiles en terre cuite [9].

Pour fabriquer des tuiles plusieurs opérations ou étapes sont à franchir ; ces différentes étapes sont l'extraction (pour la production des tuiles en terre cuite) et (l'achat d'agrégats pour celle des tuiles en bétons), le mélange des terres, le moulage, le pressage, le séchage, la cuisson, le dépilage, le triage, la palettisation. Pour la production des tuiles en terre cuite, le processus se déroule comme suit :

- **L'extraction et stockage des terres**

Celle-ci se fait dans une carrière comme le présente la figure



Figure 5 : Extraction des terres



Figure 6 : Stockage des terres

Les différentes étapes de fabrication après l'extraction et le stockage sont :

▪ Le mélange des terres

Il se fait avec un broyeur. On ajoute de l'eau. La terre est transportée sur un tapis roulant jusqu'à la mouleuse pour notre cas



Figure 7 : Tapis de mouleuse de terre

▪ Le moulage

La terre est transformée en galettes. Quand on la touche, elle est un peu chaude et on peut la manipuler et la déformer comme on veut

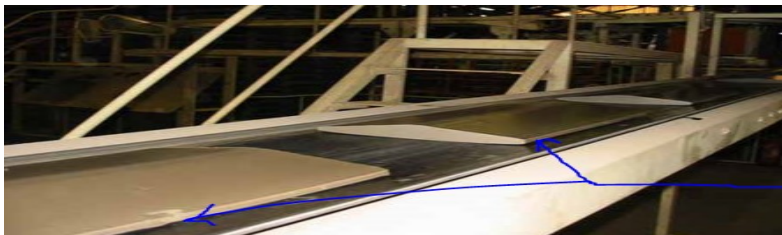


Figure 8 : Galette de terre cuite

▪ Le pressage

Les galettes passent dans une presse pour obtenir la forme de la tuile désirée. Sur la presse, il y a dix moules : 2 moules de haut et 2 moules tailleurs. Quand la galette a la forme de la tuile, elle n'est pas dure. On peut la plier.



Figure 9 : Sortie des tuiles de la

- **Le séchage**

Il sert à retirer l'humidité. On les fait sécher 18 heures à 80°. Cela permet d'enlever environ 22% d'humidité

- **La cuisson :** Les tuiles cuisent à 1020° en 24 heures.



Figure 10 : Aperçu de four moderne

- **Le dépilage :** Il consiste à sortir 1152 tuiles du wagon après cuisson



Figure 11 : Wagon à sa sortie du four

- **Le triage**

Chaque tuile est contrôlée individuellement par un sonneur. Il frappe chaque tuile avec une barre métallique. Chaque fois qu'il n'obtient pas le bon son, il les fait sortir du tapis roulant car cela signifie qu'elles sont fêlées. Les tuiles rejetées donneront la castille



Figure 12 : Poste de test

- **La palettisation**

On met 340 tuiles par palette et on prépare environ 300 palettes par jour. La housseuse recouvre les tuiles d'un film plastique qui se rétracte avec la chaleur. Ensuite les palettes sont déposées sur le parking jusqu'à ce qu'on vienne les chercher par camions

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Les palettes de tuiles sont enveloppées dans un film plastique thermocollé

A l'usine Huguenot, on fabrique 170 tonnes de tuiles par jour et 80 tonnes d'accessoires. Sur chaque tuile, la date de fabrication et la marque de la tuile sont indiquées. Il faut 3 jours pour faire une tuile

Schémas explicite du processus

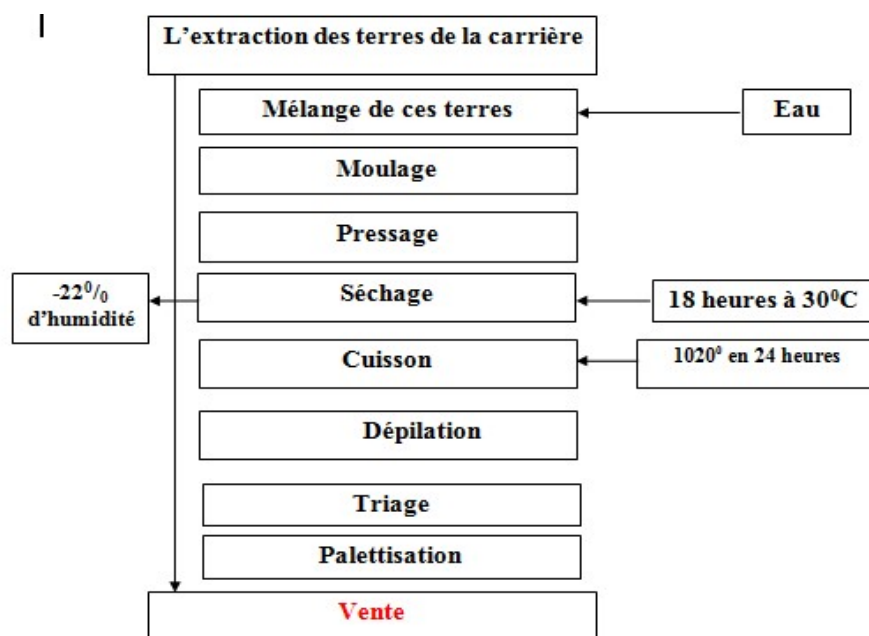


Figure 12 : Schéma explicatif du processus

Caractéristiques dimensionnelles

En général, les tuiles (plates) e terre cuites présentent les caractéristiques dimensionnelles telle que présente dans la matrices suivante :



Type	Double emboîtement Double recouvrement
Pureau variable (cm)	34 à 40,8
Largeur utile (cm)	24,8
Nombre de tuiles au m ²	10
Masse unitaire (kg)	4,5
Masse au m ² (kg)	45
Liteaux (ml/m ²)	2,5
Pose des joints	croisés
Nombre de tuiles par palette*	240
Pente minimale de référence En zone 2 situation normale avec écran.	35 % / 19,29°

* Le nombre de tuiles par palette est donné à titre indicatif.
Les dimensions des tuiles admettent une tolérance normative de +/- 2 %

Figure 13 : Caractéristiques dimensionnelles d'une tuile plate

I.II.7.2 tuile en béton

Littérature sur le processus

La masse, apte à la fabrication des tuiles colorées en béton, est préparée par une installation de dosage et mélange des composants de la masse. L'eau et le colorant en poudre (oxyde de fer) sont ajoutés dans la quantité prédéfinie directement dans le mélangeur. La masse, une fois qu'elle est prête pour l'utilisation prévue, est convoyée à la machine à tuiles qui, à l'aide d'un processus de "pressage-extrusion" réalisé grâce au rouleau lamineur et au grand patin, prépare la formation d'un "tapis" profilé en béton coloré au-dessus d'une série de moules.

Une coupeuse spéciale coupe le ruban de béton dans les dimensions exactes du moule au-dessous, pour réaliser le but du processus: la tuile. Chaque tuile fraîche sera donc produite et manutentionnée en même temps que son moule. Les tuiles fraîches (avec le moule), à la sortie de la machine à tuiles, sont introduites dans les conteneurs spéciaux "cage" et, une fois qu'ils sont pleins, transférés dans les chambres de séchage. Simultanément, une cage avec des tuiles déjà séchées est amenée dans la zone de déchargement de l'usine pour être vidée.

Les conditions et les temps nécessaires pour assurer un bon séchage des tuiles sont:

- Temps de séchage = 24 heures: température de environ. 30°C à l'intérieur de la chambre de séchage avec humidité relative du 95%
- Temps de séchage = 8 heures: température de env. 55°C à l'intérieur de la chambre de séchage avec humidité relative du 95%.

Après le séchement, un séparateur à disques réalise le démoulage et la séparation des tuiles séchées de leurs moules, de façon à envoyer, une fois séparés, les tuiles à l'emballage et les moules à la machine à tuiles pour un nouveau cycle de fabrication, après huilage de ces derniers avec un film d'huile démoulant.

Sur demande, les tuiles séchées, dès qu'elles sont séparées et avant d'être prélevées pour l'emballage, passent à travers la ligne de vernissage pour recevoir une couche protectrice de vernis acrylique coloré ou transparente "TP PAINTILE 630" pour obtenir une surface brillante, uniforme et un effet "plastifié [11].

Schémas explicite du processus

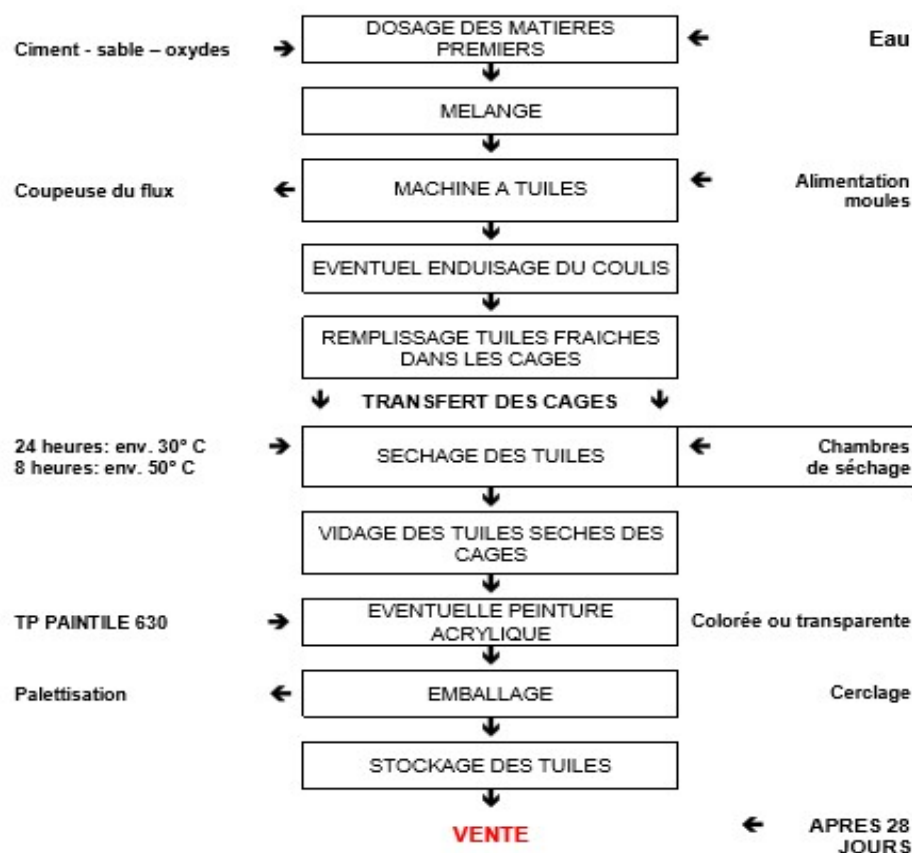


Figure 13 : Schéma explicatif du processus

Quantités pour produire une tuile profile « double romane » : Environ : 1,1 kg de ciment portland ; Environ : 3,3 kg de sable ; Environ : 35 gramme d'oxyde de fer ; Environ : 0,4 litre d'eau.

Caractéristiques des tuiles

La tuile en béton constitue, sans aucune doute, l'élément de base pour les couvertures et représente le produit le plus avancé du point de vue technologique-fonctionnel d'un revêtement de couverture. La tuile en béton représente aussi la forme la plus populaire utilisée de nos jours dans l'industrialisation du bâtiment dans le monde. Il vaut donc la peine d'analyser les raisons du succès des tuiles en béton comme solution idéale pour le toit

- Résistance au gel: la tuile en béton a la capacité de résister à la dégradation causée par le gel.



Figure 14 : Résistance au gel

- Etanchéité à l'eau : la tuile en béton a la capacité de garantir l'imperméabilité à l'action de la pluie



Figure 15 : Etanchéité à l'eau

- Isolation thermique et acoustique: la tuile en béton a la capacité de réduire la transmission thermique et acoustique



Figure 16 : Résistance pirosopique

- Résistance aux agents atmosphériques: la tuile en béton a la capacité de résister, sans subir des dommages, aux actions provoquées par des agents d'origine naturelle ou artificielle.
- Résistance aux agents agressifs: la tuile a la propriété de résister aux phénomènes de corrosions électrochimiques.
- Résistance à la rupture: les tuiles, grâce au degré élevé de rupture à flexion, ont une bonne résistance au poids et aux chocs.
- Entretien: les tuiles en béton ne nécessitent d'aucun entretien pendant toute leur vie.

Dimensions de la tuile béton (tuile romane)

Standard : 330 x 420 mm ; Epaisseur : env. 12 mm ; Couverture : 10 tuiles par m² ;

Poids De La Tuile : env. 4,6 Kg chaque Correspondance et Environ : 8 gramme Par Tuile.

I.III TUILERIES

I.III.1 Définition (1)

Une tuilerie est une usine où l'on fabrique des tuiles

I.III.2 Historique de quelques tuileries (13)

▪ Les tuileries et briqueteries Gaston Simonnet

Fondée en 1817 par Huot père et fils, la tuilerie « Simonnet » comme l'appellent tous les habitants de Pargny est installée à la fin du 19^{ème} siècle sur le site des tuileries fondées par Huot-Frerson en 1827 et 1838 au Mont de Cerf. Ces tuileries sont dirigées en 1877 par Simonnet Aubertin puis à partir de 1899 par Gaston Simonnet. Les carrières sont proches et le site est près de la voie ferrée. En 1964, des travaux importants de rénovation sont réalisés. En 1972, après avoir été Société Locataire Gérante Activité 'Rector' de la société Gilardoni Frères l'usine ferme, elle sera détruite quelques années plus tard. Il ne reste que les bureaux, la maison patronale et la maison du directeur

Vue aérienne de l'usine Simonnet dans les années 60



Figure 17 : Tuilerie simonnet 1899

Les tuileries et briqueteries Huguenot et Frères

La maison est fondée en 1811 par Mr Huguenot – Frerson sur la route qui va de Pargny sur Saulx à Maurupt le Montois. Au départ, ce n'est qu'un atelier artisanal. En 1843, il utilise 423 mètres cubes de terre par an et produit 500 000 tuiles. Il emploie trois hommes et six femmes. Il extrait la terre à Pargny et vend ses produits en Champagne et en Lorraine. Endommagée lors de la première guerre mondiale, l'usine est réaménagée vers 1920. En 1920, l'usine employait 125 ouvriers. Une cité ouvrière a été construite dont il ne reste que

quelques appartements. Il existe plusieurs maisons patronales destinées à loger les frères Huguenot et leurs descendants (famille Thièblemont)

En 1954, Huguenot Frères fusionne avec la société Fenal puis entre en 1974 dans le groupe IMETAL. Vers 1970, le site Huguenot est abandonné et édifié sur un site voisin. En 1986, Huguenot Fenal reprend l'usine Gilardoni qui rénovée en 1990. En 1999, IMETAL change de nom et devient IMERYS.



Figure 18 : Tuilerie huguenot

▪ Tuileries gilardoni

Messieurs Joseph et Xavier Gilardoni ont fondé une première tuilerie en 1835, à Altkirch, dans le Haut-Rhin. Mais cette usine devint insuffisante et une deuxième usine fut construite dans le même département, à Dannemarie, en 1864.

Après la guerre de 1870, ce département fut annexé par l'Allemagne. C'est alors qu'un groupe d'associés de la Société Gilardoni fonda une troisième usine au Bois-du-Roi, en 1873. Après le retour de l'Alsace à la France, les deux groupes d'usines GILARDONI FRERES ont été réunis en une seule société anonyme, la Société des TUILERIES GILARDONI FRERES, fondée le 20 mai 1919.

Deux nouvelles usines ont été construites, l'une à Pargny-sur-Saulx en 1925 et l'autre à Retzwiller, dans le Haut-Rhin, en 1926. Une importante briqueterie construite par la société « LES PRODUITS CERAMIQUES » à Pargny, a été prise en location. Les tuileries GILARDONI FRERES ont été fondées par messieurs Thiébaud – Joseph et François – Xavier Gilardoni en 1834, à Altkirch (HautRhin) et une première usine pour la fabrication des produits céramiques fut construite à Altkirch en 1835. Les travaux de Messieurs Gilardoni aboutirent en 1840 à l'invention d'une première tuile à emboîtement brevetée le 25 mars 1841. C'est un modèle de tuile révolutionnaire. En effet, les tuiles, en s'emboîtant les unes dans les autres, garantissent une étanchéité maximale. Xavier Gilardoni est connu dans le

monde des tuiliers sous le nom de Père de la tuile et L'usine primitive est, hélas devenue allemande avec le reste de l'Alsace, mais les frères Gilardoni ont transporté en Champagne une partie de leurs établissements. L'usine U62 de Gilardoni a été la première tuilerie modernisée et automatisée.

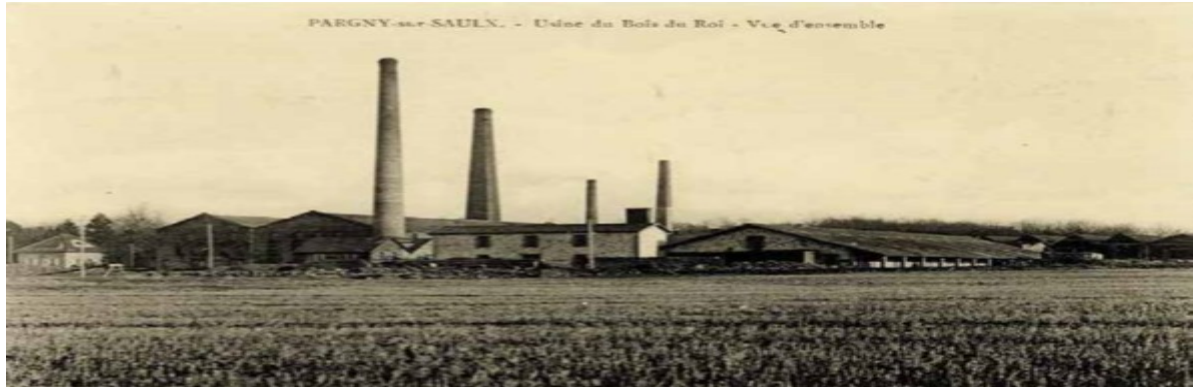


Figure 19 : Tuilerie Gilardoni 1925

1.III.3 Activités d'une tuilerie [6]

D'après les présentations faites plus haut, une tuilerie a pour activité principale, la production des tuiles quelque soit la méthode ou le moyen utilisé. Cette activité principale ; pour atteindre cet objectif, le tuilier est tenu de mener des tâches successives. Ces tâches sont :

- L'extraction des terres
- La préparation des terres
- Le moulage des terres
- Le pressage
- Le séchage des galettes de terre
- La cuisson des galettes après leur en fournement
- Défournement des pièces
- Le dépilage
- Le triage
- Emballage des produits
- Vente de ces derniers

Nous précisons particulièrement que notre machine effectuera la tâche du pressage de l'argile.

1.III.4 Personnels et aptitudes [14]

Exception faite du personnel administratif de la tuilerie, En fonction des tâches citées plus haut un personnel est employé pour leur accomplissement. Nous pouvons selon la taille

de la tuilerie avoir des tacherons ou un personnel permanent des deux sexes. Pour travailler dans une tuilerie il est demandé à l'opérateur d'être titulaire d'une certification lui permettant d'exercer le métier de tuilier ou avoir une grande expérience passée de tuilerie.

1.III.5 Equipement de base d'une tuilerie

Pour fabriquer des tuiles quelque soit l'époque les tuiliers ont eu et ont encore besoin de deux pièces essentielles. Ces pièces sont :

- Un four
- Une presse à tuiles incorporée dans un ensemble mécanique constituant : une machine à fabriquer des tuiles

▪ **Four [8]**

Le four pour l'époque passé ou pour celle actuelle constitue l'enceinte dans laquelle la tuile après séchage subit l'étape dite de cuisson. Nous vous présentons les images d'un four des années 1873.



Figure 21: Four OFFMA NN chez SIMONNET

▪ **La presse [9]**

Egalement dans les contextes actuel ou passé, la presse représente un élément fondamental dans le processus de fabrication des tuiles. La figure ci-dessous présente une presse ayant servi dans les tuileries Gilardoni.



Figure 22: Presse venue de l'atelier Gilardoni

Selon leurs modes de fonctionnement et leur employabilité on peut citer :

- **presse à barillet**

La presse à barillet, présentée à la figure I-16, est, actuellement, la plus couramment utilisée.

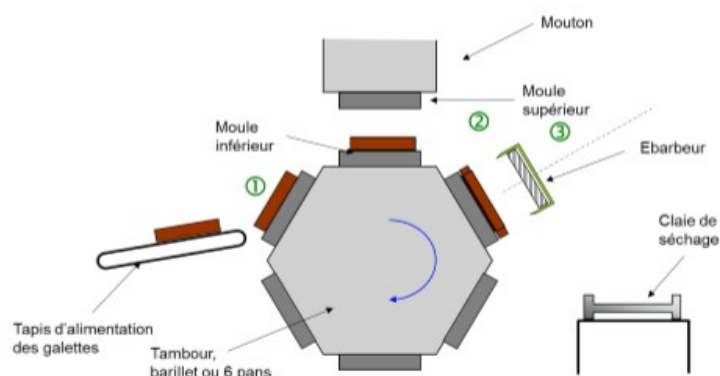


Figure 23 : Presse à barillet

L'étape de façonnage sur une presse à barillet est divisée en plusieurs phases. La première est la mise en position de la galette, provenant du tapis d'alimentation, sur l'outil inférieur (1). Après une rotation de 60° du barillet, l'outil supérieur descend. C'est la phase de mise en forme (2). Après une nouvelle rotation du barillet, les bavures de la tuile sont découpées par l'ébarbeur (3) et la tuile est transférée vers sa claie de séchage (support réfractaire). Ces quatre phases sont effectuées simultanément. En fonction des cadences de production souhaitées et de la dimension des outils, le barillet peut contenir d'une à quatre empreintes.

Le pilotage de l'outil supérieur est réalisé à l'aide d'une came (presse mécanique) comme il est présenté à la figure ci dessous. La forme de la came définit la position du moule supérieur en fonction de l'angle de rotation. C'est la combinaison de cette courbe et de la vitesse de rotation qui donne le cycle de pressage. Avec ce choix de technologie, la courbe de pressage ne peut être modifiée (vitesse d'approche, durée de palier, points morts haut et bas)

que par un changement de came, ce qui est complexe, au vu du coût et du temps d'arrêt de la presse nécessaire. L'avantage majeur de cette technologie est d'avoir des profils complexes, par exemple, la possibilité d'intégrer une remontée de l'outillage supérieur au milieu du cycle. Cela permet de limiter les piègeages d'air

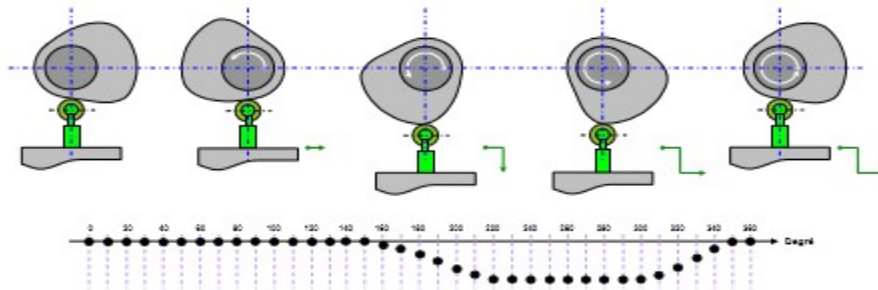


Figure 24 : Came de commande

- La presse à plateau [9]

Le second type de presse utilisé est la presse à plateau. La figure I-18 présente un schéma de principe d'une presse à plateau à trois positions. Le principe de fonctionnement est similaire à la presse à barillet. On retrouve les mêmes phases de fonctionnement, à savoir l'approvisionnement d'une galette, le pressage, l'ébarbage, et la reprise de la tuile et la dépose sur une claie de séchage. La différence principale réside dans la position des outils inférieurs. Ils sont positionnés sur un plateau tournant autour d'un axe vertical.

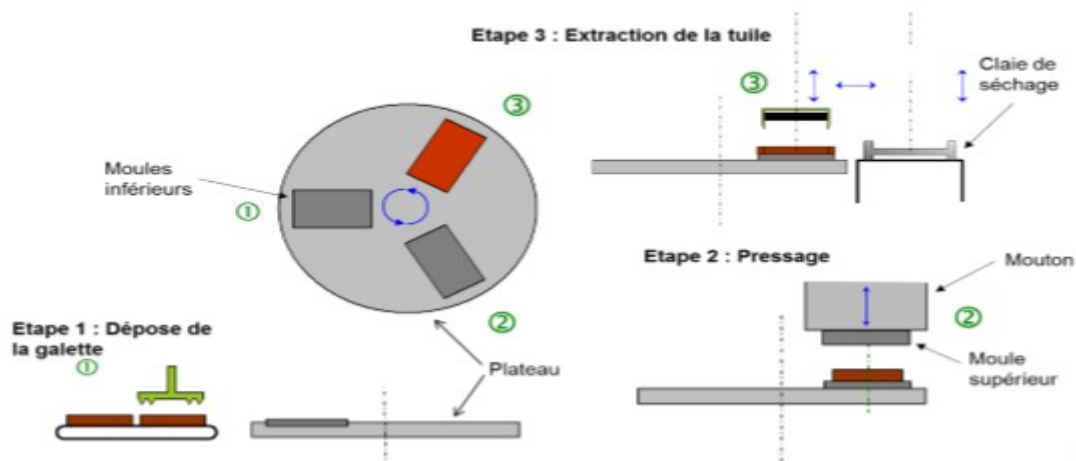


Figure 25 : Presse à plateau

Il existe des presses à 2, 3 ou 4 positions. Dans le cas de la presse à 2 positions, plusieurs opérations se déroulent pour une même position (en général la dépose de la galette et la découpe du produit vert). Le fait d'avoir 4 positions peut permettre la réalisation d'une opération supplémentaire (découpe, marquage, nettoyage,...). Les presses 3 ou 4 positions ont

la même capacité de production (similaire à la presse à barillet). La presse 2 positions sera plus lente du fait des opérations combinées.

Dans le cas de la presse à plateau, le déplacement de l'outil supérieur est, en général, assuré par un vérin hydraulique. Les vitesses de descente et de remontée de l'outil sont constantes au cours du cycle.

- Presse estampeuse

Dans le cas du pressage, il y a mise en forme d'une galette qui implique un écoulement de la matière et de grandes déformations. Dans le cas de l'estampage, on se rapproche des procédés d'emboutissage en métallurgie. Il s'agit de déformer une galette dont l'épaisseur et les formes sont déjà très proches de la définition finale. Ce sont donc des déformations localisées comme par exemple la formation d'un tenon ou d'un évidement. Il y a deux techniques principales d'estampage. En moules ouverts et en moules fermés

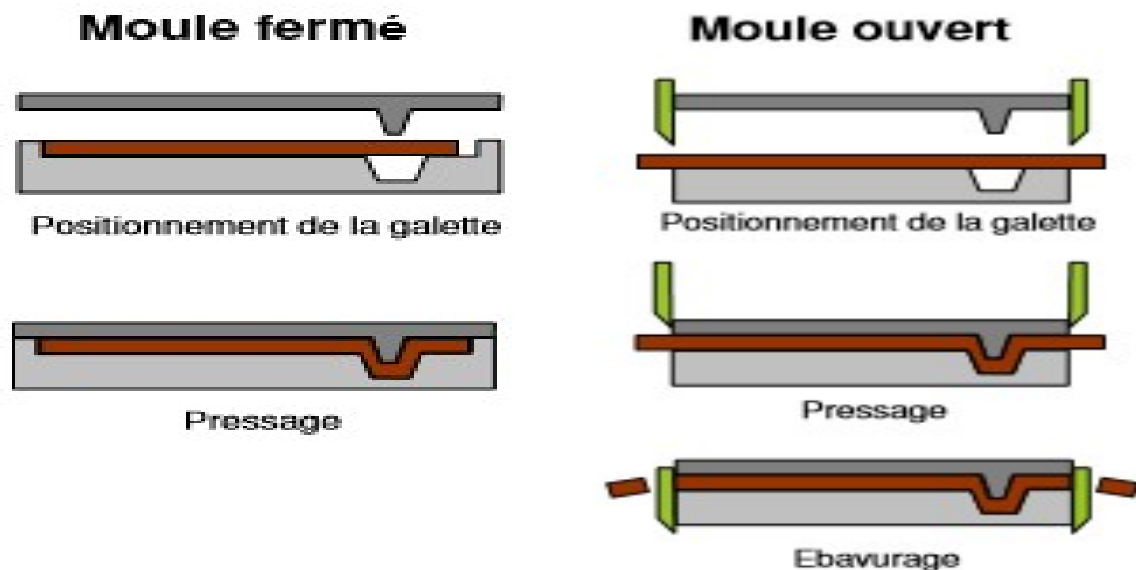


Figure 26 : Vue de presse estampeuse

Lors de la mise en forme par estampage en moule ouvert, les dimensions de la galette sont supérieures aux dimensions finales de la tuile. Après les phases de positionnement de la galette et de pressage, la tuile subit une phase d'ébavurage.

Dans le cas du pressage par estampage en moule fermé, le volume de la galette est identique au volume final de la tuile « verte », afin de pouvoir former les tenons et remplir les bords. Cette technologie ne crée pas de bavure. Pour limiter les surpressions pouvant être occasionnées par un surplus de matière, l'outil inférieur est positionné sur des coussins

permettant sa descente lorsque la force appliquée par l'outil supérieur dépasse une valeur seuil. En estampage, la descente de l'outil supérieur est réalisée à vitesse constante avec une cadence comprise entre 20 et 25 coups par minutes.

▪ **Outillages de presses [79]**

Au vu de ce qui précède nous sommes amené à dire ; Quelque soit le moyen ou la technique (artisanale ou moderne) employé pour façonner une tuile, des outils s'imposent pour donner des formes finales de nos tuiles. Ceux-ci quant à eux sont différenciables à leurs formes mais aussi à leurs matériaux de construction. Nous citons ces outils.

- **Outillage métallique**

Les outillages métalliques, comme présentés à la figure qui suit, peuvent être utilisés sur tous les types de presse. Les outils sont constitués d'un seul bloc. Pour limiter les écoulements de l'argile dans certaines directions, l'ajout de frein est souvent effectué. L'avantage majeur des outils métalliques est leur grande durabilité dans le temps. Ils permettent le pressage de plusieurs millions de produits. Les principaux inconvénients des outils métalliques sont leurs coûts d'usinage, et la faible démoulabilité qu'ils offrent. En effet, l'ajout de démoulant, ou de contre pression d'air est obligatoire pour extraire les produits pressés [9].

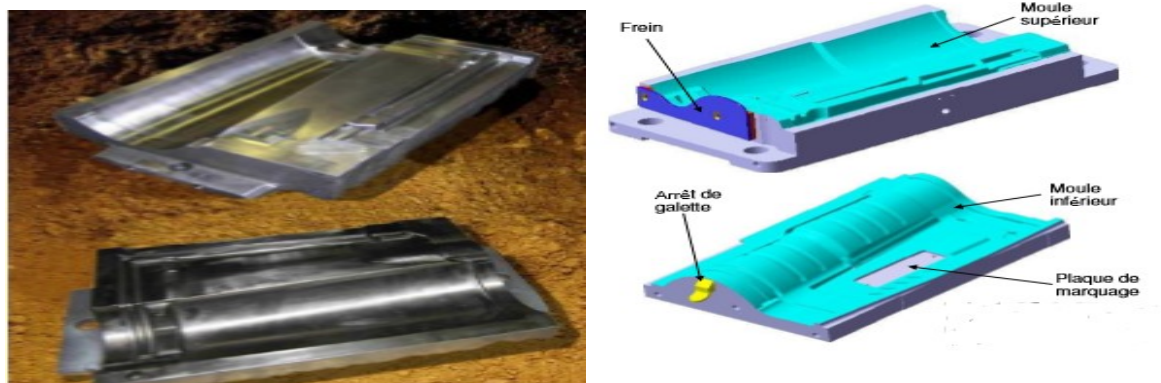


Figure 27 : Outil métallique

- **Outillage à interface caoutchouc**

Cette technologie est la plus répandue sur les différents sites de Terreal. Comme leur nom l'indique, les faces actives des outillages (celles en contact avec la matière) sont en caoutchouc. Du fait de la nécessité d'intégrer des feuilles de caoutchouc, ces outillages comportent plus de pièces que les moules métalliques (figure ci-dessous). Les outils sont constitués d'une semelle en acier dans laquelle une résine est coulée, puis usinée. Les outils

inférieurs sont recouverts d'une membrane caoutchouc préformée, tandis que les outils supérieurs sont recouverts d'une feuille caoutchouc plus ou moins tendue. Au cours du pressage, une dépression est générée à l'interface membrane-résine. Elle permet le maintien en position de la membrane au cours du cycle de façonnage. Une contre pression, appliquée au moment de la découpe et de l'extraction, permet de faciliter le démoulage des tuiles. L'inconvénient principal de cette technologie est l'usure régulière des membranes. Il est nécessaire de contrôler l'état des feuilles et des membranes après un millier de produits pressés et les changer le cas échéant. Outre un démoulage très facile des produits, l'utilisation des membranes offre l'avantage de pouvoir modifier l'aspect de surface des produits pressés par changement du motif de la trame.[9]

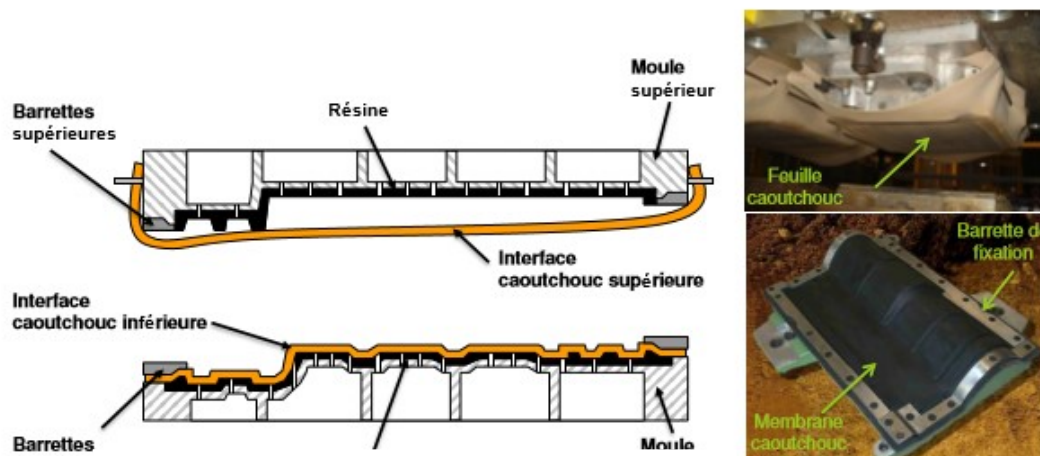


Figure 28 : Outils de presse en caoutchouc

- Outillage en plâtre [9]

Cette technologie n'est pas présente aujourd'hui chez Terréal. Comme leur nom l'indique, les faces actives des outillages sont en plâtre (figure ci-dessous). C'est la technologie d'outillages qui est réputée fournir la meilleure qualité de façonnage (finition, aspect). La différence importante, par rapport aux autres outillages, réside dans la porosité du plâtre qui avoisine les 14%. Cela confère aux outils deux propriétés importantes : la qualité de la finition et un démoulage facile. En effet, l'air piégé entre la galette et le moule peut s'échapper au cours du pressage ce qui permet un meilleur remplissage notamment dans le cas de géométries profondes. Pendant la compression de la galette, une partie de l'eau qu'elle contient migre dans le plâtre. Lorsque la pression diminue, l'eau ressort partiellement et crée une pellicule qui facilite l'extraction du produit. L'inconvénient de ces outils est leur faible durabilité et donc un prix de revient élevé.

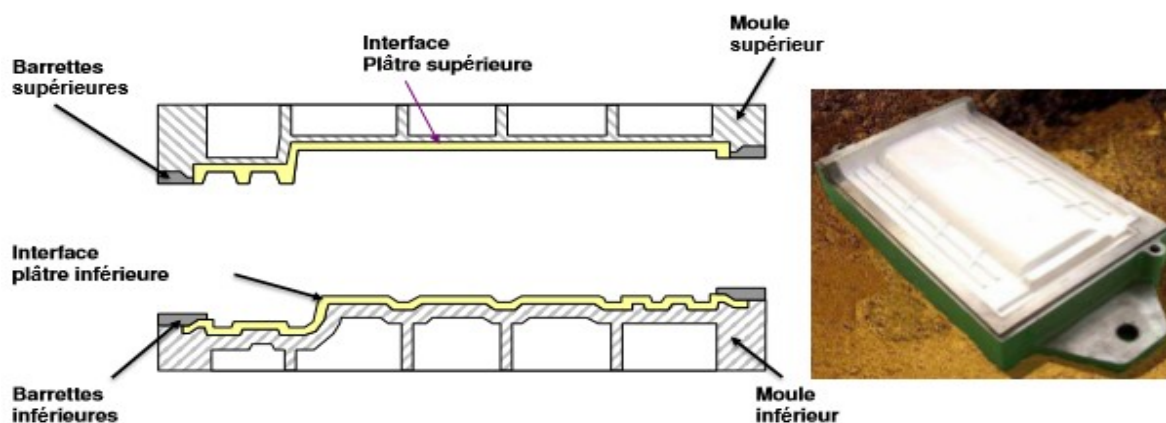


Figure 29 : outils de presse en plâtre

I.IV TUILE ET TUILERIE AU CAMEROUN

Tout d'abord nous notons que très peu de choses sont dites à propos de la tuiles dans le contexte camerounais mais néanmoins au court de longues investigation nous avons produit ce qui suit.

I.IV.1 Origine [7]

D'après l'ouvrage : *la cote de Saint Louis à Douala une PERSPECTIVES HISTORIQUE de Odile Goerg*, les tuiles et autres objets en céramique ont accédés au Cameroun par le littoral (DOUALA) à partir du 14^{ème} siècle par les colons et autres marchant d'esclaves. On a pu observer observé donc des habitations coloniales comme celle présentée en figure ci contre.



Figure 30 : Couverture de tuiles sur bâtisse coloniale

I.IV.2 Usage [7]

Principalement, la tuile au Cameroun est employée dans le domaine architectural en ce qui concerne le recouvrement des maisons d'habitation et... cela se trouve vérifié sur l'héritage colonial que nous observons au quotidien tel que les chapelles et des camps appelés communément camps africain.

Tuiles produites au Cameroun [4]

Il bon de noter que tous les modèles de tuiles évoqués plus haut sont produits au Cameroun. C'est-à-dire :

Producteurs de tuiles au Cameroun [4]

Ici nous notons que comme partout ailleurs, la tuile est produite de façon moderne mais plus encore de façons artisanale dans de ateliers sous équipés et non déclarés au registre d'entreprise camerounaise.

Comme structure bien établies nous citons :

- BRIC CAMEROUN S.A
- MIPROMALO
- QUIFROUN
- CIMENCAM S.A
- SARL NEVEAU
- BERNABE S.A

Freins au développement de la filière au Cameroun

- Très faible promotion de la filière par les tuilés existants
- Haute promotion des couvertures métalliques
- Faibles moyens financiers des tuiliers artisanaux
- Prix élevé des installations modernes
- Pénibilité des taches (faites à la main) pour les producteurs artisanaux

Atouts et potentiels au développement du secteur [10]

Une étude menée en 1969 par le conseil économique et social des NATIONS UNIES prouve qu'au Cameroun nous avons des zones de fortes concentrations de terre propices à la fabrication des produits de tuilerie et de briqueterie. Ces zones sont entre autre : la zone de DOUALA où l'on retrouve les briqueteries citées plus haut ; la zone de Yaoundé ; la zone de Nanga-Eboko ; la zone de l'ouest en général ; Nkongsamba ; la zone du nord Cameroun (GAROUA, MAROUA).

I.V. QUELQUES MACHINES ET INTALLATIONS DES TUILERIES

En abordent cette partie de notre travail nous retiendrons tout d'abord que la tuilerie a connu un grand essore au fil du temps. Le constat peut être fait dans la mesure où, les moyens, techniques et machines de fabrication des tuiles sont allés du plus artisanale (rudimentaire) à l'ultra moderne et complexe passant par le moderne quelque soit le type de tuile produit(en terre cuite ou en béton). De ce qui précède nous pouvons classer ces moyens et méthodes en trois grands groupes. Nous citons :

▪ Installations et techniques artisanales

Dans celle-ci, il est retrouvé l'emploi d'outils et matériels comme illustré dans les figures ci bas.



Figure 31 outillages rudimentaires (tuilerie artisanale)

▪ Installations et techniques modernes

Pour ce paragraphe, nous ne parlons pas tout à fait de modernité mais, voulons souligner de façon pertinente le passage de l'état rudimentaire à l'état mieux élaboré que connaît le matériel utilisé dans les tuileries. Nous retrouvons là, des machines équipées de presse estampeuses dont la commande peut être manuelle ou électrique et employées pour des productions assez moyennes. Les figures ci contre illustrent ces machines.



Figure 32 : Machine à commande manuelle



Figure 33 : Machine à commande électrique

▪ Installations et technique ultra modernes

Dans ce troisième groupe nous retrouvons des machines et installations semi automatisées et automatisées équipées de presses à barillet ou de presse à plateau ; ces dernières sont surtout employées dans de moyennes et grandes chaînes de production.

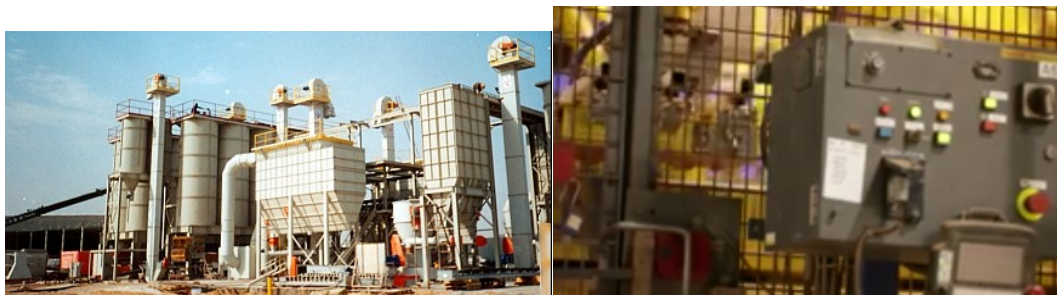


Figure 34 : Machine et installations semis et automatisées

CONCLUSION PARTIELLE

Il a été question pour nous dans ce chapitre de définir et présenter des concepts permettant la compréhension de notre thème; de ressortir et catégoriser des solutions existante. Dans le chapitre prochain il sera question pour nous d'étudier en profondeur ces solutions afin de ressortir la solution optimale pour nos travaux.

CHAPITRE 2

ETUDE DES SOLUTIONS EXISTANTES ET PROPOSITION DES PROTOTYPES

INTRODUCTION

Au chapitre premier de notre étude, il a été question pour nous de présenter des notions permettant la compréhension de notre thème et de catégoriser les différentes solutions technologiques que nous retrouvons dans le domaine de la fabrication des tuiles. Dans ce second chapitre, il sera question de : Mener en profondeur une étude des différentes solutions existantes ; mener une analyse fonctionnelle et en fin, faire des propositions de quelques prototypes.

II.I ETUDE DES SOLUTIONS EXISTANTES

II.1. Présentation des solutions

D'après le premier chapitre, les solutions existantes ont été classifiées en trois catégories du point de vue de leurs mises en service. Pour cela, nous rappelons et citons : les solutions artisanales ; les solutions modernes et les solutions dites ultramodernes.

II.1.1. Solutions artisanales

Pour cette catégorie de solution, nous évoquons toutes les techniques et moyens permettant de fabriquer des tuiles à l'aide d'instruments et équipements rudimentaires. Les figures ci-après illustrent cette catégorie.



Figure II.1 : Moule métallique pour tuiles en béton



Figure II.2 : Moules en bois pour tuile en argile

Nous notons donc que, les figures représentées ci-haut présentent les différents techniques artisanales par lesquelles, à l'aide d'outils rudimentaires, une tuile, quelle soit en béton ou en argile peut être façonnée.

II.1.1.1. Matériels et outillages utilisés

Pour les deux cas de figures le tuilier a besoin de :

- Un moule métallique
- Un établi
- Une barre de polissage

II.1.1.2. Comment ça fonctionne ?

Notre étude fondamentalement basée sur la réalisation des tuiles en terre cuite, nous limiterons à donner le principe juste de la technique de fabrication des tuiles en terre. Sur l'établi il est aspergé de la poudre d'argile ou du sale (selon le tuilier) pour faciliter le décollage de la tuile de l'établi. Ensuite, l'installation du moule est faite par le tuilier. Après cette installation du moule, celui-ci est chargé d'argile afin de donner une première forme à la tuile ; pour conclure, le tuilier passe exerçant une pression la barre de polissage au dessus du

moule pour donner la forme finale à la tuile. La tuile peut dès lors être démoulée et acheminée vers le four après séchage pour sa cuisson.

II.1.1.3. *Avantages des solutions*

- Matériels très faiblement coûteux
- Ne nécessite pas une grande qualification de la part de l'opérateur

II.1.1.4. *Inconvénients des solutions*

- Pénibilité du travail de l'artisan
- Qualité approximative des produits réalisés
- Exposition du tuilier aux maladies cela dû à la proximité et au contact régulier avec des poudres et aux matériaux en général
- Temps de fabrication de la tuile élevé
- Solution de très faible intérêt pédagogique
- Retard dans les livraisons de grandes quantités
- Haut risque d'accident et blessures

A la quête de solutions pouvant favoriser une meilleure production et une qualité plus appréciable que celle donnée par la première catégorie de solutions, nous abordons au prochain point, les solutions modernes que connaît la tuilerie.

II.1.2. *Solutions modernes*

Pour cette catégorie de solutions, nous présentons quelques machines servant dans l'industrie de la tuilerie qui font plus ou moins appel à la présence de la main d'œuvre humaine. Retrouvant deux types de solutions technologiques qui sont les extrudeuses et les presseuses. Cet état de choses viendra conditionner l'étude de nos solutions dites modernes.

II.1.2.1. *les presseuses*

Une presseuse de tuiles est une machine utilisée dans une tuilerie ayant un moule qui comporte une partie fixe et l'autre mobile. Après avoir placé un gâteau d'argile dans la partie fixe, la partie mobile vient à son contact et sous pression, le moule reconstitue la forme d'une galette de terre qui par la suite sera appelée tuile.



FigureII. 4 : presse hydraulique



FigureII. 3 : presse manuelle

II.1.2.2. *les extrudeuses*

Comme les presses, les extrudeuses sont une solution technologique qui permet la mise en forme des galettes de terre qui par la suite deviendront des tuiles. Néanmoins leur

fonctionnement diffère de celui des presses. En effet, une vis sans fin pousse à travers une filière l'argile. Au sortir de la filière qui constitue une partie du moule, la galette de terre est formée.



Figure II.5 : Extrudeuse

Une différence autre se présente entre ces deux solutions technologiques ; les commandes. Nous notons que les presses peuvent se présenter avec des commandes manuelles ou des commandes hydrauliques tant que les extrudeuses ont généralement une commande pneumatique.

Nous notons également que pour cette catégorie de solution et moyens, leur emploi se trouve justifié au sein des tuileries semis automatiques dont la capacité de production annuelle est égale ou inférieure à 5000 tonnes.

II.1.2.2.1. Avantages de cette catégorie de solutions

- Meilleure productivité par rapport à la première catégorie
- Temps de production vu à la baisse
- Réduction des risques d'accidents et blessures
- Nécessite un apport énergétique modéré

II.1.2.2.2. Inconvénients de la catégorie de solution

- Nécessite une préparation préalable du gâteau d'argile qui sera introduit dans le moule (cas des presses)
- Solution dépendante de l'énergie électrique
- Prix d'achat des matériels et machines plus élevés par rapport à la première catégorie de solution
- Légère pénibilité du travail de production (cas de la presse à commande manuelle)
- Ejection dans la nature du CO₂ (cas de l'extrudeuse)
- Contact régulier de l'opérateur aux matériaux

A la quête d'une solution optimale, les tuiliers se penchent sur un tout nouveau modèle de solutions que nous qualifions dans notre étude de: catégorie des solutions ultramodernes.

II.1.3. solutions ultramodernes

Pour cette dernière catégorie évoquée dans notre étude, nous présentons de manière globale et particulière les machines et équipements de fabrication de tuiles employés dans les tuileries. Il s'agit : des machines à commandes hautement numérisées ; des robots ; des machines et systèmes incorporées dans de grande chaînes de production et dont, la capacité de production annuelle des tuiles va au de-là de 10 000 tonnes. Les figures ci-dessous présentent quelques machines et équipements.



Figure II.6 : centrale de commande des robots



Figure II.7 : chaîne de fabrication des tuiles

NB : Nous notons que quelque soit la catégorie de solution présentées dans cette étude les processus de fabrication des tuiles de base restent les mêmes (l'extrusion et le pressage).

II.1.3.1. Avantages de cette catégorie des solutions

- Très grande capacité de production des tuiles
- Facilité des travaux
- Temps de production très court
- Respect strict des délais de livraison quelque soit la commande
- Très bonne qualité des produits fabriqués
- Main-d'œuvre limité par rapport au fort taux de production
- Présentation d'un haut intérêt pédagogique
- Très faible contact de l'opérateur avec le matériau

II.1.3.2. Inconvénients de la catégorie des solutions

- Nécessite une haute qualification de la part de l'opérateur
- Système hautement complexe et couteux
- Nécessite un très grand apport extérieur en énergie électrique

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

II.2. ANALYSE DES SOLUTIONS EXISTANTES [Par nos soins]

Tableau II.1 Analyse simple des solutions

Catégorie	Machines/ équipements	Avantages/Atouts	Inconvénients/ Faiblesse
1 ^{re} catégorie De solutions	Artisanales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Matériels très faiblement couteux ▪ Ne nécessite pas une grande qualification de la part de l'opérateur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pénibilité du travail de l'artisan ▪ Qualité approximative des produits réalisés ▪ Exposition du tuilier aux maladies cela dû à la proximité et au contact régulier avec des poudres et matériaux en général ▪ Temps de fabrication de la tuile élevé ▪ Solution de très faible intérêt pédagogique ▪ Retard dans les livraisons de grandes quantités ▪ Haut risque d'accident et blessures
2 ^{eme} catégorie De solutions	Modernes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure productivité par rapport à la première catégorie ▪ Temps de production moyen ▪ Sécurité de l'opérateur ▪ Réduction des risques d'accidents et blessures ▪ Ne nécessite pas une haute qualification de l'opérateur ▪ Nécessite un apport énergétique (électrique) modéré (cas de l'extrudeuse). ▪ Bonne qualité des produits 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nécessite une préparation préalable du gâteau d'argile qui sera introduit dans le moule (cas des presses) ▪ Solution dépendante de l'énergie électrique ▪ Prix d'achat des matériels et machines plus élevés par rapport à la première catégorie de solution ▪ Légère pénibilité du travail de production (cas de la presse à commande manuelle) ▪ Contact régulier de l'opérateur aux matériaux
3 ^{eme} catégorie		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Très grande capacité de production des tuiles ▪ Facilité des travaux ▪ Temps de production très court 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite une haute qualification de la part de l'opérateur • Système hautement complexe et couteux • Nécessite un très grand apport extérieur en

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

De solution	Ultra modernes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Respect strict des délais de livraison quelque soit la commande ▪ bonne qualité des produits fabriqués ▪ Main-d'œuvre limité par rapport au fort taux de production ▪ Présentation d'un haut intérêt pédagogique ▪ Très faible contact de l'opérateur avec le matériau ▪ Sécurité et protection de l'opérateur 	énergie électrique
-------------	----------------	---	--------------------

Tableau d'analyse simple

11.3. Codification des données

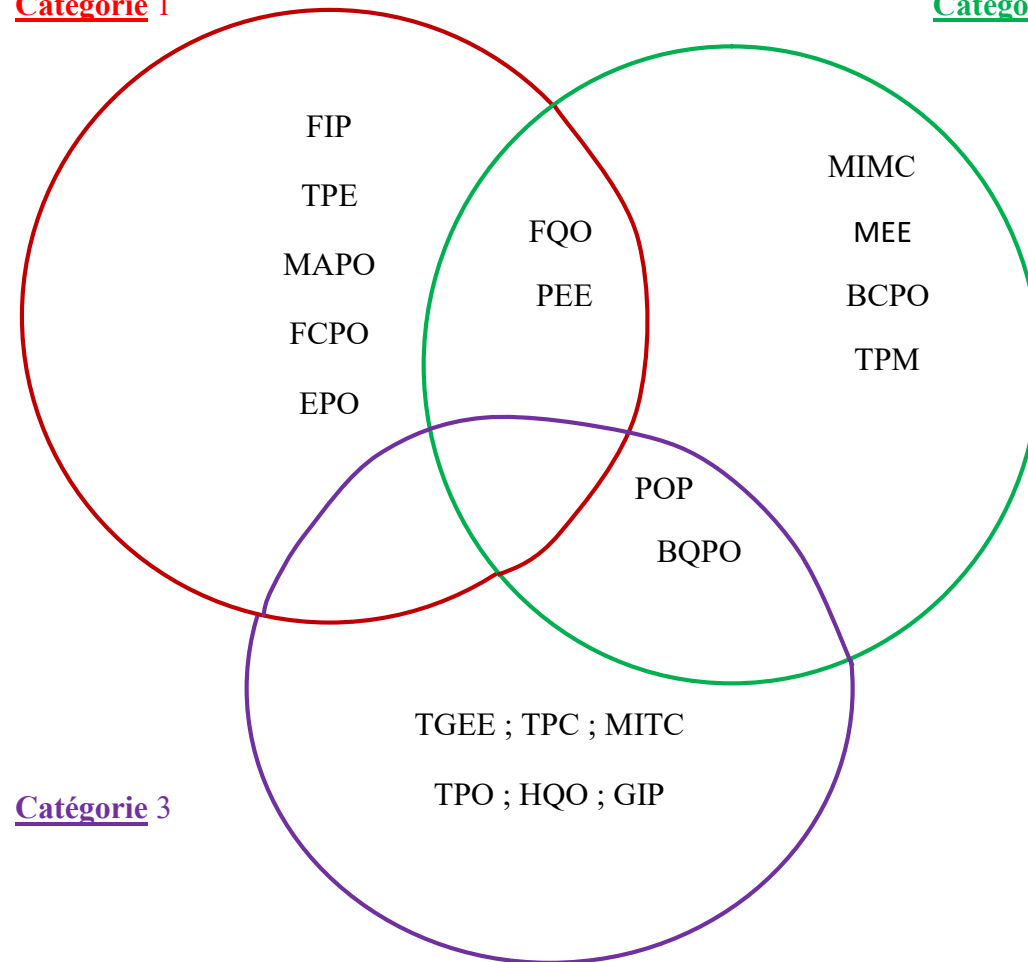
- Matériel et installation très couteux/ moins couteux : **MITC / MIMC**
- Très grande capacité de production/ bonne capacité de production / faible capacité : **TCPO/ BCPO/FCPO**
- Protection de l'opérateur/ exposition de l'opérateur : **POP/ EOP**
- Bonne qualité des produits/ Mauvaise qualité : **BQPO/ MQPO**
- Grand intérêt pédagogique/ Faible intérêt pédagogique : **GIP/FIP**
- Très grand apport énergétique extérieur / moyen apport extérieur en énergie électrique/ pas d'apport extérieur : **TGEE/MEE/PEE**
- Temps de production élevé/ temps de production moyen / très de production très court : **TPE/TPM/TPC**
- Haute qualification de l'opérateur/ faible qualification de l'opérateur : **HQO/ FQO**

II.4. Etude des liens entre solutions

I.4.1. Union mathématiques

Catégorie 1

Catégorie 2



II.4.2. Interprétation

- **Catégorie1 - catégorie 2**

Existence de deux points communs

FQOQ et PE

- **Catégorie 1- catégorie 3**

Non existence de points communs

- **Catégorie 2- Catégorie 3**

Existence de deux points communs :

POP et BQPO

- **Catégorie 1-Catégorie 2- Catégorie 3**

Non existence de point communs
aux trois catégories

Figure II.8 : Diagramme venn des relations

II.II. PROPOSITION DE PROTOTYPES

II.II. 1. ANALYSE FONCTIONNEL DU BESOIN

Cette étude a pour but :

- La définition et validation du besoin
- La Recherche et la caractérisation des fonctions afin de mettre sur pied notre équipement.

II.II.1.1. DEFINITION ET VALIDATION DU BESOIN ETUDIE

II.II.1.1.1. Frontières et environnement de la machine

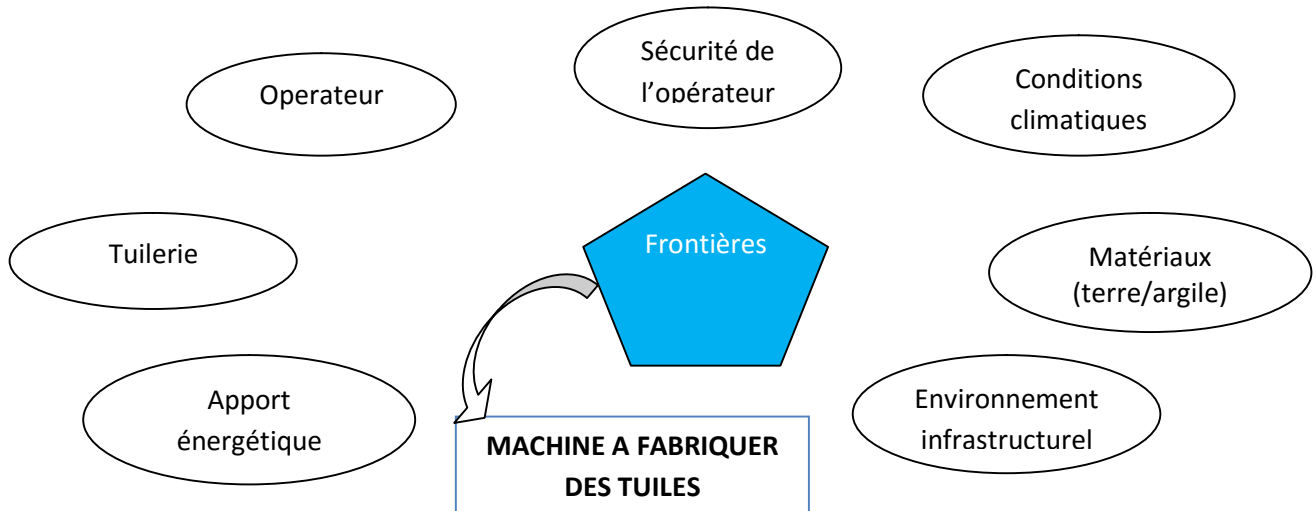


Figure II. 9. : Diagramme des frontières du

II .II.1.1.2. Recherche du besoin fondamental du produit

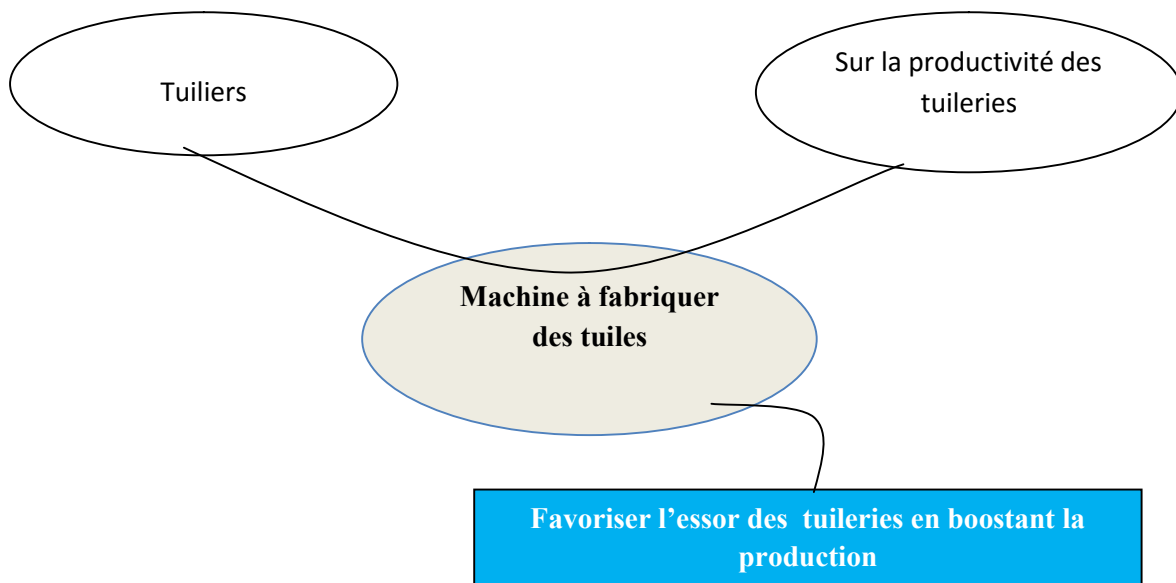


Figure II.10: Diagramme tête à cornes d'une machine à fabriquer des tuiles

II.II.1.2. CONTROLE ET VALIDATION DU BESOIN

Ici, il s'agit pour nous d'Identifier les raisons : Humaines ; sociologiques ; Économiques ; technologiques etc, qui justifient le besoin.

Pour cela, nous répondrons aux questions posées le schéma suivant:

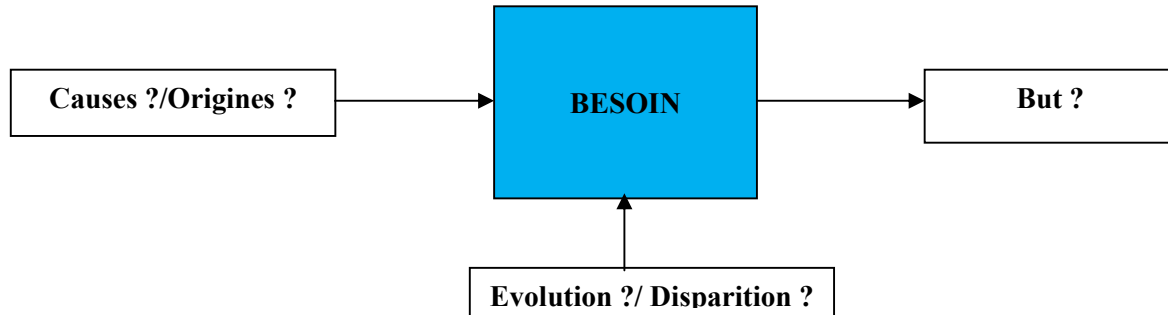


Figure II.11 : Diagramme de validation du besoin

❖ Causes du besoin :

- Certaines machines et installations imposent une grande qualification de la part de l'opérateur
- Certaines machines sont de coûts très élevés
- Certains équipements et machines présentent peu de sécurité pour les opérateurs
- Certaines machines et équipements sont très complexes et difficiles à déplacer
- Certaines machines et équipements sont ultra dépendantes de l'énergie électrique

❖ But du besoin

- Faciliter l'accès aux machines de fabrications de qualité par les tuiliers

❖ Risques d'évolution et de disparition

- L'opérateur peu qualifié devient capable de manipuler aisément la machine
- Les installations et équipements deviennent peu coûteux
- La sécurité devient de mise pour l'opérateur
- La manutention de l'équipement devient facile
- La machine peut fonctionner sans apport de l'énergie électrique
- La facilité d'accès à une machine de qualité devient possible



BESOIN VALIDE

II.II.2. RECHERCHE ET CARACTERISATION DES FONCTIONS

II.II.2.1. Inter acteurs en contact avec le produit (pieuvre)

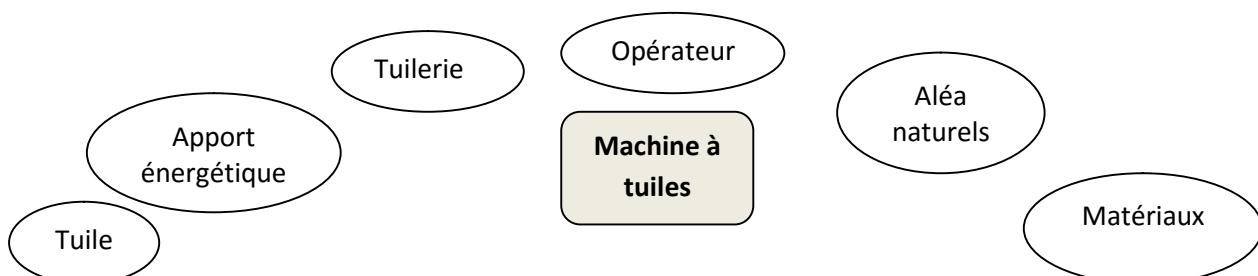


Figure II.12 : diagramme des interactions

II.II.2.2. Diagramme « pieuvre » machine à fabriquer des tuiles

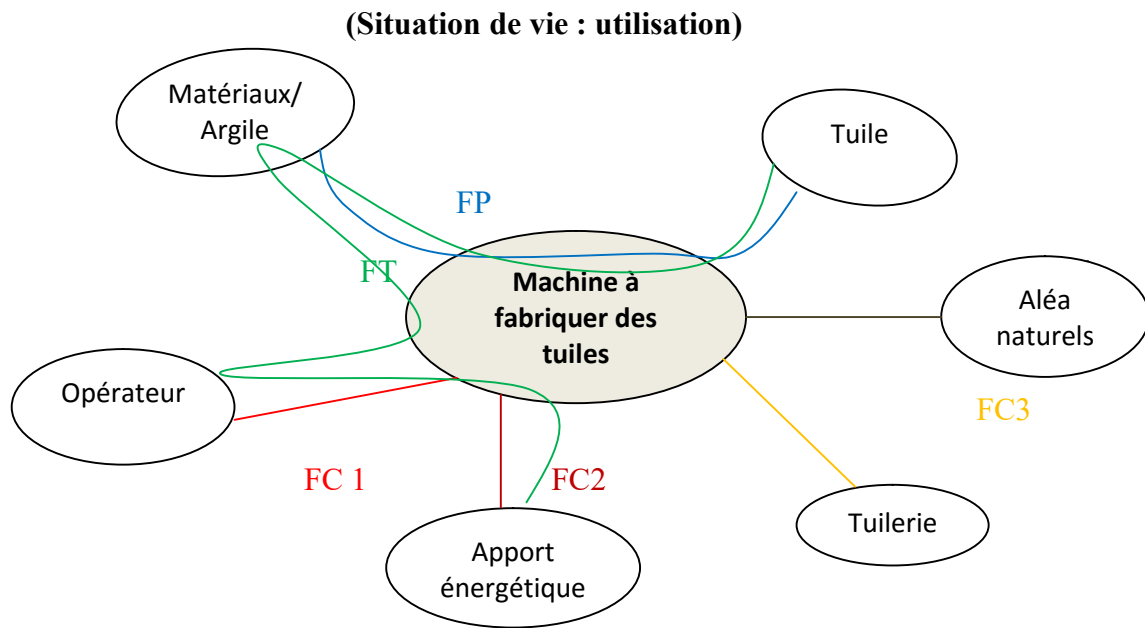


Figure II.13 : diagramme pieuvre du produit

II.II.2.2.1. INVENTAIRE DES FONCTIONS « PIEUVRE » MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau II. 2. Fonctions machine (Situation de vie : utilisation)

(Situation de vie : utilisation)

Fonction de transfert/ Contrainte	Critère d'appréciation	niveau	Flexibilité : Norme NF X50-150
FP : permettre le passage de l'argile simple à la tuile	Réalisation de la tuile	15s	F ₀
FT : permettre à l'opérateur de transformer l'argile en tuile grâce à un apport énergétique	Mise en service	/	F ₀
FC1 : être simple d'utilisation pour l'opérateur	Durée de formation	10 min	F ₁
FC2 : recevoir des énergies d'origines diverses	Sources d'énergie	2	F ₂
FC3 : être propice à l'usage des tuileries	L'employabilité dans des tuileries	/	F ₀
FC4 : être capable de résister aux intempéries	Temps d'exposition aux intempéries	00	F ₀

II.2.2.3. CONTROLE ET VALIDATION DES FONCTIONS

- 1 **Fonction FP** : permettre le passage de l'argile simple à la tuile
 - La fonction FP existe parce que : l'argile ne peut pas s'auto transformer en tuile.
 - Elle existe dans le but d'assurer la transformation de l'argile en tuile
 - Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : L'auto transformation de l'argile en tuile → ce qui est peu probable

2 **Fonction FT** : permettre à l'opérateur de transformer l'argile en tuile grâce à un apport énergétique

- La fonction FT existe parce que : la machine ne peut fonctionner si l'opérateur ne la soumet à une énergie
- Elle existe dans le but d'inciter la machine au fonctionnement
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : l'auto mise en service de la machine → ce qui est peu probable

3 **Fonction FC1** : être simple d'utilisation pour l'opérateur

- La fonction FC1 existe parce que : l'opérateur n'a pas toujours la compétence requise pour la manipulation de la machine
- Elle existe dans le but de palier l'absence ou l'insuffisance de compétence de l'opérateur
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : le suivi d'une formation de certification → ce qui est peu probable dans le contexte des tuileries à revenus faibles

4 **Fonction FC2** : recevoir des énergies d'origines diverses

- La fonction FC2 existe parce que : il existe un réel développement des infrastructures socio économiques dans certaines régions
- Elle existe dans le but de palier l'absence d'un type d'énergie dans certaines zones
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : le développement optimal de ces infrastructures dans toutes les régions ou zones → ce qui est chose difficile à réaliser

5 **Fonction FC3** : être propice à l'usage des tuileries

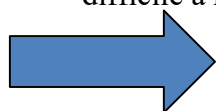
- La fonction FC3 existe parce que : certains équipements ne supportent pas la mise en service dans des conditions de tuilerie
- Cette fonction existe dans le but de palier les problèmes d'adaptation aux conditions de tuileries
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : disparition des rudes conditions d'utilisation de l'équipement dans les tuileries → ce qui est chose peu évidente

6 **Fonction FC4** : être capable de résister aux intempéries

- La fonction FC4 existe parce que : certaines tuileries sont à ciel ouvert
- Cette fonction existe dans le but de palier le problème d'exposition aux intempéries
- Qu'est-ce qui peut faire évoluer/disparaître la fonction ?

Réponse : la construction impérative des tuileries couvertes → ce qui est chose difficile à réaliser du fait des faibles ressources financières de certaines tuileries



FONCTIONS JUSTIFIEES

II.II.2.2.4. ETUDE DES DE FONCTIONS TECHNIQUES

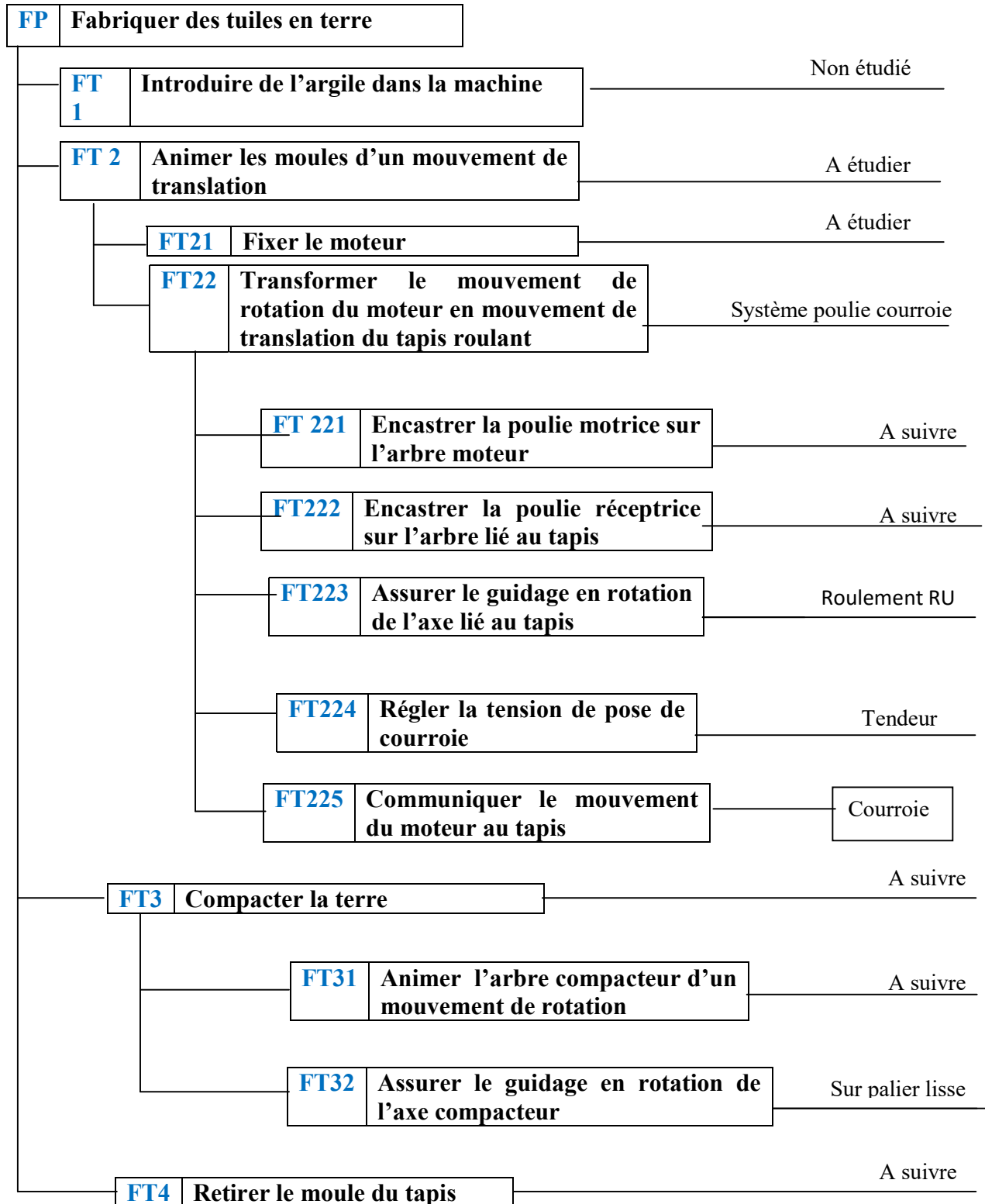


Figure II.13 : diagramme fast de fonctions techniques de la machine

II.II.2.3. CRITERES DE CHOIX DUDIT PROTOTYPE

Après validation du besoin et des fonctions, nous formulons et rappelons les critères de choix de notre prototype

Notre prototype doit :

- Etre utilisable dans les conditions de présence et d'absence de l'énergie électrique
- Avoir le moins d'impacts nocifs possibles sur la nature et l'environnement
- Garantir le maximum de sécurité à l'opérateur
- Produire des tuiles de bonne qualité
- Offrir une facilité de manipulation
- Etre de faible coût possible
- Etre de grande manutentionabilité

II.II.2.4. PROPOSITION DE QUELQUES PROTOTYPES

La proposition de nos prototypes sera basée sur principalement la source d'énergie qui effectue sa mise en service. Nous proposons donc :

II.2.4.1. PREMIER CAS : PROTOTYPE A COMMANDE MANUELLE

Tableau II. 3 : Nomenclature

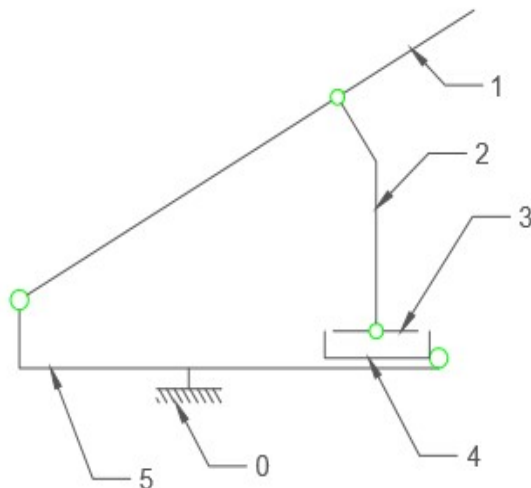


Figure II.14 : schéma cinématique prototype à commande manuelle

NOMENCLATURE		
N ⁰	Désignation	Nombre
0	masse	1
1	Levier de commande	1
2	Bielle de force	2
3	Partie supérieure du moule	2
4	Partie inférieure du moule	1
5	Socle	1

Après avoir introduit l'argile dans la partie basse du moule(4), l'opérateur actionne le levier de commande (1) en appliquant sur lui en effort. Dans son mouvement, le levier lié aux bielles de force par leur axe, entraine ces dernières. Les parties supérieures des moules(3), elles également liées aux bielles viennent au contact de l'argile. L'effort presseur généré par l'opérateur force la fermeture du moule ainsi, la tuile est façonnée. La tuile étant formée, pour l'extraire du moule, l'opérateur fait pivoter ce dernier et à l'aide d'un équipement de séchage, la tuile est reçue et prête au séchage.

II.II.2.4.1.2. Avantages du prototype

- Très grande simplicité de fabrication
- Faible encombrement

- Manutention très aisée
- Coût faible de fabrication
- Aucun impact nocif sur la nature
- Facilité d'emploi

II.II.2.4.1.3. Inconvénients du prototype

- Nécessite un effort perpétuel de l'opérateur
- Faible portée académique

II.2.4.2. SECOND CAS : PROTOTYPE A COMMANDE MIXTE

Tableau II.4 Nomenclature du prototype

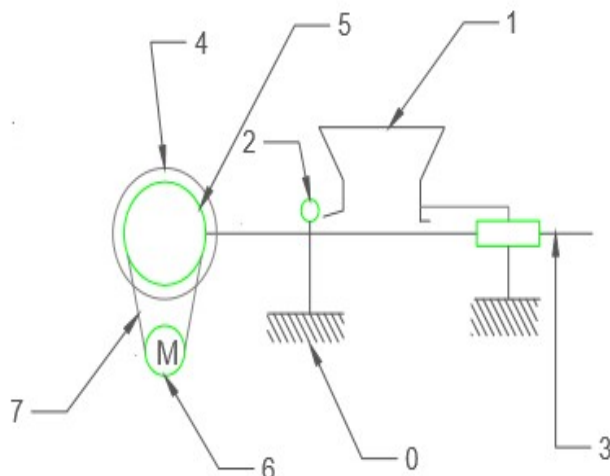


Figure II.15 : Schéma cinématique du prototype à commande mixte

NOMENCLATURE		
N ⁰	Désignation	Nombre
0	Masse	1
1	Trémie	1
2	Axe compacteur	1
3	Tapis (convoyeur) à mules	1
4	Volant escamotable	1
5	Roue réceptrice	1
6	moteur	1
7	courroie	1

II.II.2.4.2.1. Fonctionnement

1er cas : présence de l'énergie électrique

En présence de l'énergie électrique, après mise en fonctionnement du moteur(6), son mouvement de rotation est transformé et transmis au tapis à moules(3) aux moyens d'un système pignon et chaîne. Le convoyeur ainsi guidé en translation entraîne les moules. Le moule passe par la trémie de remplissage (1) est chargé d'argile. L'axe compacteur (2) assure après sortie du moule de la trémie, le compactage immédiat de l'argile. L'argile ainsi compacté passe par un lisseur qui affine sa portée. L'opérateur pour des raisons de séchage de la tuile formée, sort le moule du convoyeur.

2^{eme} cas : Absence de l'énergie électrique

En l'absence de l'énergie électrique, l'opérateur monte le volant escamotable (4) sur la machine. L'action sur le volant occasionne son guidage en rotation et comme pour le fonctionnement précédent, le convoyeur est guidé en translation ce qui impliquera les mêmes phases du fonctionnement global de la machine.

II.II.2.4.2.2. Avantages du prototype

- Très grande simplicité de fabrication

- Faible encombrement
- Manutention très aisée
- Coût de fabrication moyen du fait de la présence du moteur
- Aucun impact nocif sur la nature
- Facilité d'emploi
- Ne nécessite pas toujours un effort de la part de l'opérateur
- Employable en situation d'absence ou présence de l'énergie électrique

II.II.2.4.2.3. Inconvénients du prototype

- Supporte mal l'exposition aux intempéries du fait de la présence du moteur électrique.
- Impose un grand nombre de moule pour une grande production.

II.II.2.4.3. Qualités de la solution retenue

Notre solution sera :

- Capable de Fonctionner avec ou sans énergie électrique pour palier au problème de faible couverture de certaines zones enclavées
- Capable de Produire des tuiles respectant les normes pour répondre à la demande de qualité
- Non productrice de gaz polluants pour répondre au désir de protection de la nature et de l'environnement
- Moins lourde possible pour permettre sa manutention
- Simple de conception afin de palier le problème de qualification et de manipulation de la part des opérateurs
- Capable d'Assurer le maximum de sécurité possible à l'opérateur afin d'éviter des accidents ainsi que des blessures
- Moins coûteuse possible afin de permettre son accès pour toute tuilerie

CONCLUSION PARTIELLE

Après avoir dans ce chapitre mener une étude approfondie sur les catégories de solutions existantes, fait des propositions et la présentation de quelques prototype passant par une analyse fonctionnelle, nous sommes parvenus à une présentation claire des qualités que présentera notre prototype. Dans le chapitre prochain, il sera question pour nous de mener une étude conceptuelle de notre produit.

CHAPITRE 3

ETUDE DE CONCEPTION ET GRAPHISME

INTRODUCTION

Au chapitre précédent, il a été question pour nous de: Mener en profondeur une étude des différentes solutions technologiques existantes ; faire une analyse fonctionnelle du besoin et en fin, faire des propositions de quelques prototypes. Cela étant fait, au présent chapitre, nous procéderons au dimensionnement des éléments clés de notre prototype (second prototype présenté au chapitre 2) et faire une étude graphique complète du système.

III.I. PRESENTATION DU PROTOTYPE RETENU

Tableau II. 4 : Nomenclature du prototype

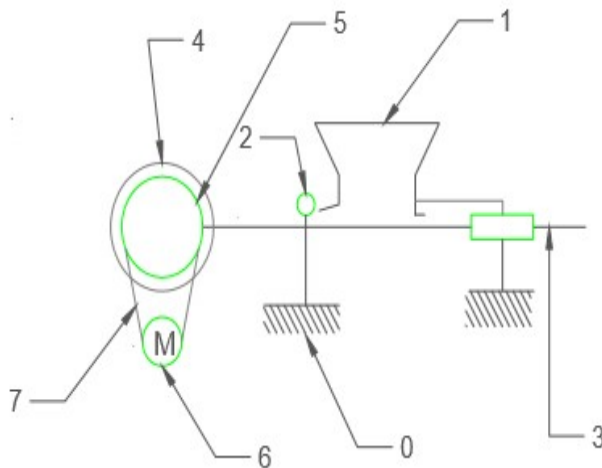


Figure II.1: Schéma cinématique du prototype à commande mixte

NOMENCLATURE		
N ⁰	Désignation	Nombre
0	Masse	1
1	trémie	1
2	Axe compacteur	1
3	Tapis à mules	1
4	Volant escamotable	1
5	Roue réceptrice	1
6	Pignon	1
7	courroie	1

▪ Fonctionnement

1^{er} cas : présence de l'énergie électrique

En présence de l'énergie électrique, après mise en fonctionnement du moteur(6), son mouvement de rotation est transformé et transmis au tapis à moules(3) aux moyens d'un système pignon et chaîne. Le convoyeur ainsi guidé en translation entraine les moules. Le moule passant par la trémie de remplissage (1) est chargé d'argile. L'axe compacteur (2) assure après sortie du moule de la trémie, le compactage immédiat de l'argile. L'argile ainsi compactée passe par un lisseur qui affine sa portée. L'opérateur pour des raisons de séchages de la tuile formée, sort le moule du convoyeur.

2^{eme} cas : Absence de l'énergie électrique

En l'absence de l'énergie électrique, l'opérateur monte le volant escamotable (4) sur la machine. L'action sur le volant occasionne son guidage en rotation et comme pour le fonctionnement précédent, le convoyeur est guidé en translation ce qui impliquera les mêmes phases du fonctionnement global de la machine.

III.II.DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

III.II.1.ETUDE STATIQUE (AXE COMPACTEUR 2)

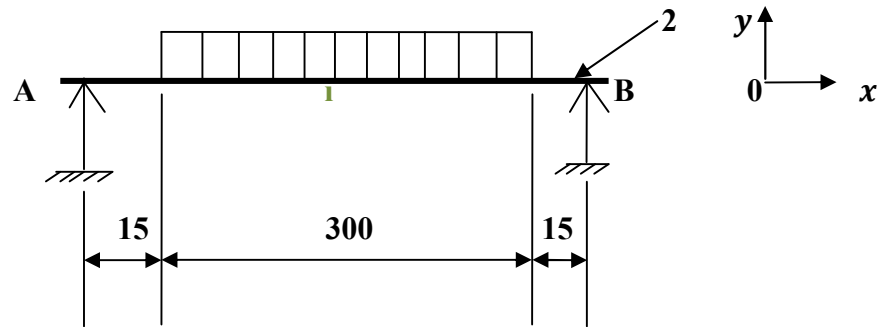
Cette étude nous permet de déterminer les actions mécaniques dont est soumis notre axe de compactage

Hypothèses

- Toutes les liaisons mécaniques sont parfaites
- Le poids des pièces est négligé
- Nous assimilerons les appuis en A et B comme appuis simples

Modélisation

$q(N/mm)$



▪ Inventaire des actions mécaniques

$$\vec{A}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} A_X \\ A_Y \\ A_Z \end{vmatrix} ; \vec{B}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix} ; \vec{Q}(terre \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ 300q \\ 0 \end{vmatrix}$$

▪ Condition d'équilibre

$$\vec{A}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} A_X \\ A_Y \\ A_Z \end{vmatrix} + \vec{B}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix} + \vec{I}(terre \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ 300q \\ 0 \end{vmatrix} = \vec{0} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Le système est symétrique par rapport au point I (milieu de la charge répartie)

$$\rightarrow \vec{A}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} A_X \\ A_Y \\ A_Z \end{vmatrix} = \vec{B}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix}$$

$$\rightarrow -\vec{A}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} A_X \\ A_Y \\ A_Z \end{vmatrix} = \vec{Q}(terre \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ 300q \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\rightarrow \vec{A}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{-300q}{2} \\ 0 \end{vmatrix} ; \vec{B}(0 \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{-300q}{2} \\ 0 \end{vmatrix} \text{ et } \vec{Q}(terre \rightarrow 2) \begin{vmatrix} 0 \\ 300q \\ 0 \end{vmatrix}$$

III.II.2. ETUDE DE RESISTANCE DES MATERIAUX

Il est question pour nous dans cette étude de déterminer le diamètre minimal que doit avoir notre axe compacteur

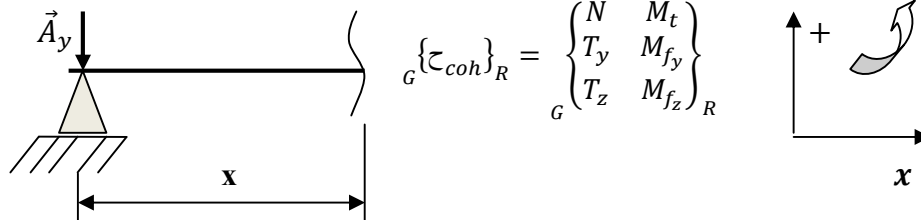
Données :

- Angle de balayage de l'arc en contact avec la terre : $\alpha = 29^\circ [15]$
- Coefficient de frottement terre-acier : $\mu = \tan 29^\circ = 0.55 [15]$

- Pression de matage des tuiles : $P_{mat} = 4.7 \text{ Mpa}$
- Longueur de l'axe de compactage : $L = 330\text{mm}$
- Largeur de du tapis $l = 300\text{mm}$

III.II.2.1 Détermination du torseur de cohésion interne le long de l'axe (2)

$0 \leq x \leq 15$



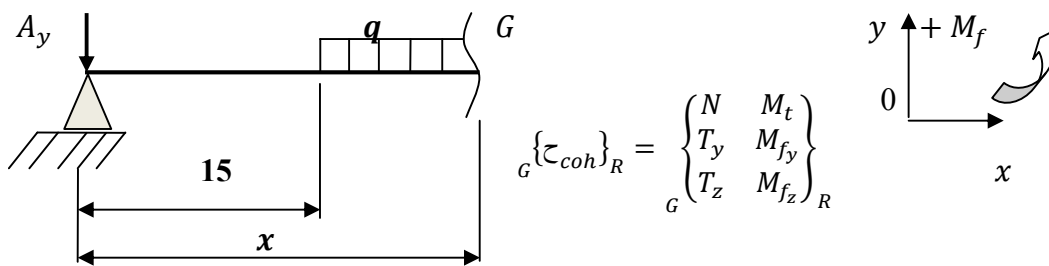
$$G \{ \tau_{coh} \}_R = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{Bmatrix}_R$$

$$\rightarrow G \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{Bmatrix}_R = G \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{300q}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{300q}{2}x \end{Bmatrix}_R$$

Pour $x = 0 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = \frac{300q}{2} \\ T_z = 0 \end{cases}$ Et $\begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = 0 \end{cases}$

Pour $x = 15 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = \frac{300q}{2} \\ T_z = 0 \end{cases}$ Et $\begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = -2250N_{mm} \end{cases}$

$15 \leq x \leq 315$



$$G \{ \tau_{coh} \}_R = G \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{300q}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{300q}{2}x \end{Bmatrix}_R + G \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{-q(x-15)}{2} & 0 \\ 0 & \frac{q}{2}(x-15)(x-15) \end{Bmatrix}_R$$

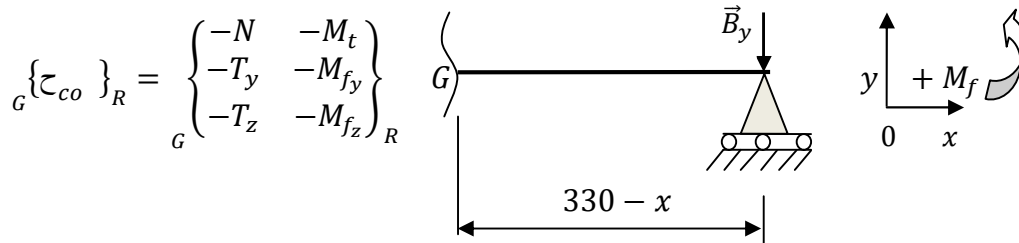
$$\rightarrow G \{ \tau_{coh} \}_R = G \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ q(165-x) & 0 \\ 0 & -\frac{300q}{2}x + \frac{q}{2}(x-15)(x-15) \end{Bmatrix}_R$$

$$\text{Pour } x = 15 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = 150q \\ T_z = 0 \end{array} \right. \text{ Et } \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = -2250qN_{mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Pour } x = 165 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = 0 \\ T_z = 0 \end{array} \right. \text{ Et } \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = -13500qN_{mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Pour } x = 315 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = -150q \\ T_z = 0 \end{array} \right. \text{ Et } \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = -2250qN_{mm} \end{array} \right.$$

315 ≤ x ≤ 330

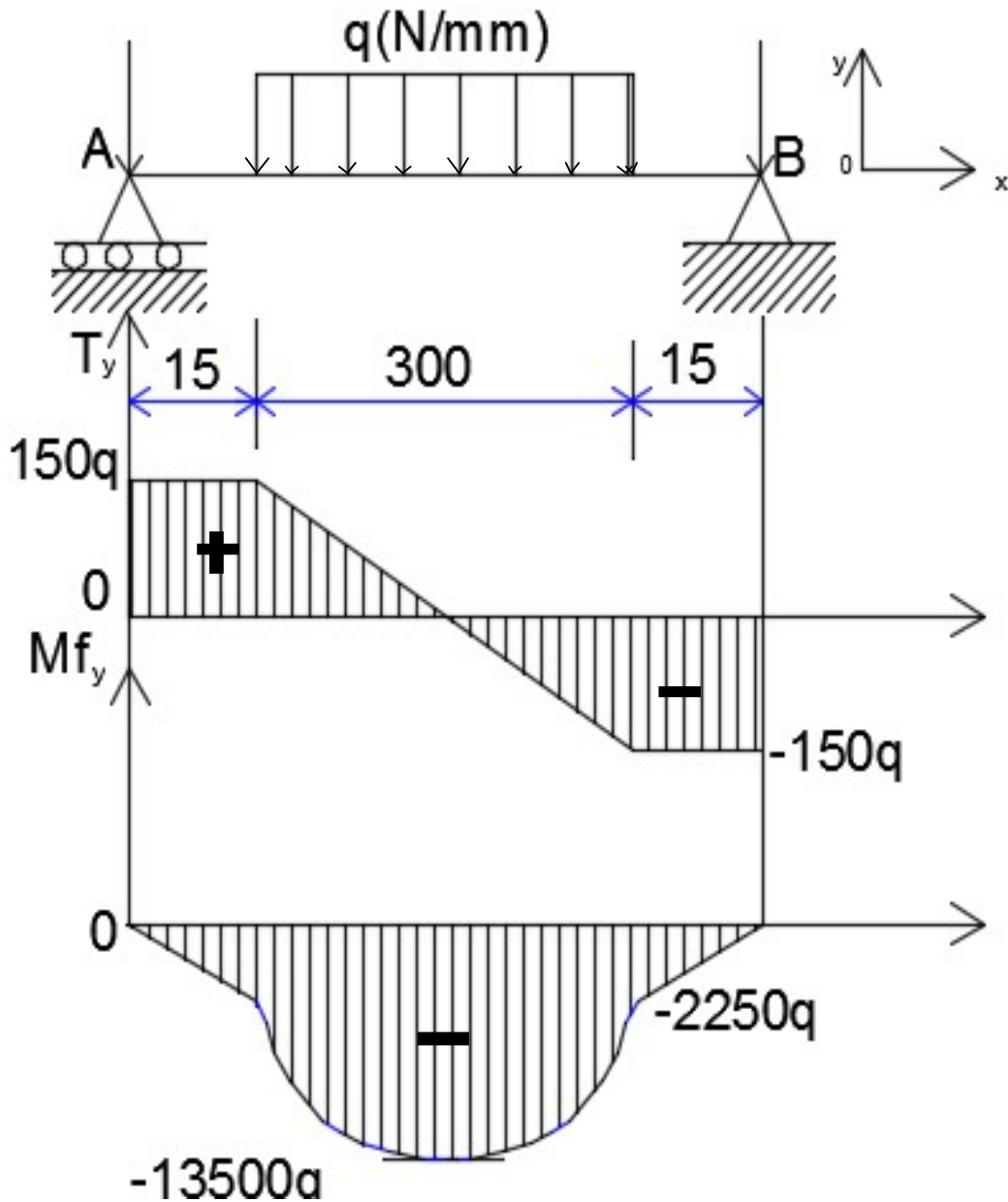


$$\left\{ \begin{array}{l} -N \\ -T_y \\ -T_z \end{array} \right\}_R = \left\{ \begin{array}{l} -M_t \\ -M_{f_y} \\ -M_{f_z} \end{array} \right\}_R = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ \frac{300q}{2} \\ 0 \\ \frac{300q}{2}(330-x)q \end{array} \right\}_R$$

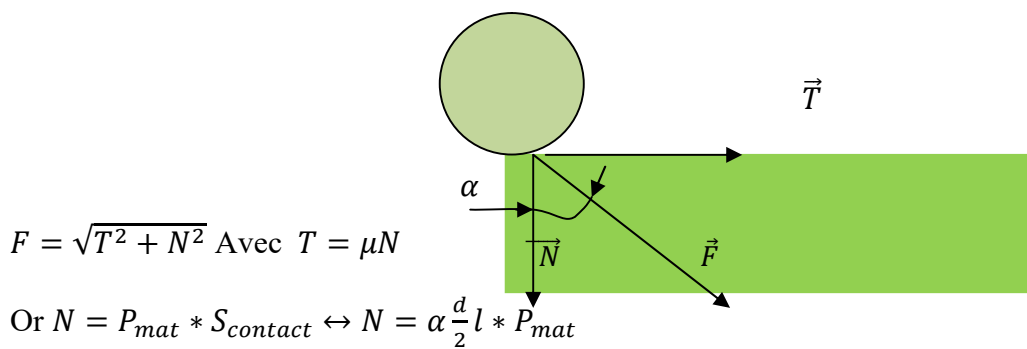
$$\text{Pour } x = 315 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = -150q \\ T_z = 0 \end{array} \right. \text{ Et } \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = -2250qN_{mm} \end{array} \right.$$

$$\text{Pour } x = 330 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} N = 0 \\ T_y = -150q \\ T_z = 0 \end{array} \right. \text{ Et } \left\{ \begin{array}{l} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = 0 \end{array} \right.$$

III.II.2.2 Tracer des diagrammes correspondants



III.II.2.2.3 DETERMINATION DU DIAMETRE DE L'AXE COMPACTEUR



$$\rightarrow F = \alpha \frac{d}{2} l * P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2}$$

Soit $q = \frac{F}{l} \rightarrow q = \alpha \frac{d}{2} * P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2}$ et $M_{f_{max}} = 13500q \text{ Nmm}$

$$\sigma_{Max} = \frac{M_{f_{max}}}{2 \frac{I_{Gz}}{d}} = \frac{13500\alpha d}{\frac{4\pi d^3}{64}} P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2} \leftrightarrow \frac{16 * 13500}{\pi d^2} \alpha P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2}$$

Condition de résistance

$$\sigma_{Max} \leq \sigma_{adm} \leftrightarrow \frac{16 * 13500}{\pi d^2} \alpha P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2} \leq \sigma_{adm}$$

Caractéristiques du matériau

$$\sigma_{adm} = 137,5 M_{Pa}; \quad s = 4; \quad \sigma_e = 550 M_{Pa}$$

$$\rightarrow d \geq \sqrt{\frac{\alpha 216 * 10^3 P_{mat} \sqrt{1 + \mu^2}}{\pi \sigma_{adm}}} \quad \text{AN: } d \geq \sqrt{\frac{29 * 216 * 10^3 * 4.7 \sqrt{1 + 0.55^2}}{180\pi * 137.5}} \rightarrow \quad \mathbf{d \geq 34.8mm}$$

Pour des raisons de limitation d'encombrement et du poids de la machine, notre d doit être compris entre 34,8 et 37 mm

III.II.3 ETUDE STATIQUE (L'AXE RECEPTEUR 5)

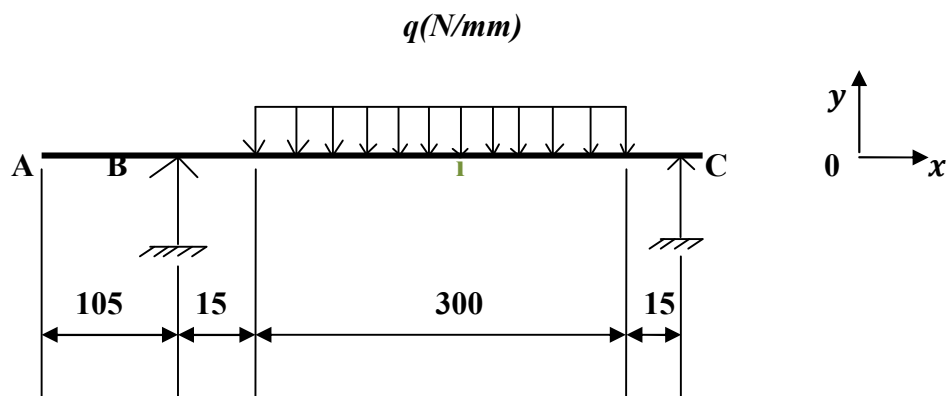
Cette étude nous permet de déterminer les actions mécaniques dues au contact de l'arbre récepteur (5), au tapis et au bâti 0.

Hypothèse :

- Toutes les liaisons sont parfaites
- Les masses des pièces sont négligées
- Nous assimilerons les appuis en B et C comme appuis simples
-

.1Détermination en fonction (q) des réactions aux appuis

▪ **Modélisation**



▪ **Inventaire des actions mécaniques**

$$\vec{A}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} ; \vec{B}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix} ; \vec{I}(terre \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ -300q \\ 0 \end{vmatrix} ; \vec{C}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ C_Y \\ C_Z \end{vmatrix}$$

▪ **Condition d'équilibre**

$$\vec{C}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ C_Y \\ C_Z \end{vmatrix} + \vec{B}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix} + \vec{I}(terre \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ -300q \\ 0 \end{vmatrix} = \vec{0} \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix}$$

Le système est symétrique par rapport au point I(milieu de la charge répartie)

$$\rightarrow \vec{C}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ C_Y \\ C_Z \end{vmatrix} = \vec{B}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} B_X \\ B_Y \\ B_Z \end{vmatrix} \text{ Avec } B_X = 0$$

$$\rightarrow 2\vec{C}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ C_Y \\ C_Z \end{vmatrix} = \vec{I}(terre \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ -300q \\ 0 \end{vmatrix}$$

$$\rightarrow C(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{300}{2} \\ 0 \end{vmatrix} ; \vec{B}(0 \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ \frac{300}{2} \\ 0 \end{vmatrix} \text{ et } \vec{I}(terre \rightarrow 5) \begin{vmatrix} 0 \\ -300q \\ 0 \end{vmatrix}$$

III.II.4 ETUDE DE RESISTANCE DES MATERIAUX

Il est question pour nous dans cette étude de déterminer le diamètre minimal que doit avoir notre arbre récepteur.

III.II.4.1 Détermination du torseur de cohésion interne le long de l'arbre récepteur

$0 \leq x \leq 15$

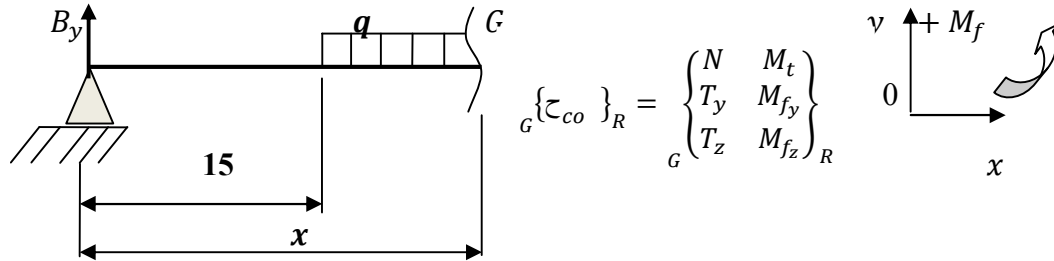
$$G \{ \tau_{coh} \}_R = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{f_y} \\ T_z & M_{f_z} \end{Bmatrix}_R$$

$$\rightarrow \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{f_y} \\ T_z & M_{f_z} \end{Bmatrix}_R = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -\frac{300q}{2} & 0 \\ 0 & \frac{300}{2}x \end{Bmatrix}_R$$

$$\text{Pour } x = 0 \rightarrow \begin{vmatrix} N = 0 \\ T_y = \frac{-300q}{2} \\ T_z = 0 \end{vmatrix} \text{ Et } \begin{vmatrix} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = 0 \end{vmatrix}$$

$$\text{Pour } x = 15 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = \frac{-300q}{2} \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = 2250N_{mm} \end{cases}$$

$$15 \leq x \leq 315$$



$${}_G \{ \tau_{co} \}_R = \begin{Bmatrix} N & M_t \\ T_y & M_{fy} \\ T_z & M_{fz} \end{Bmatrix}_R$$

$${}_G \{ \tau_{coh} \}_R = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{-300q}{2} & 0 \\ 0 & \frac{300q}{2}x \end{Bmatrix}_R + \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{q(x-15)}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{q}{2}(x-15)(x-15) \end{Bmatrix}_R$$

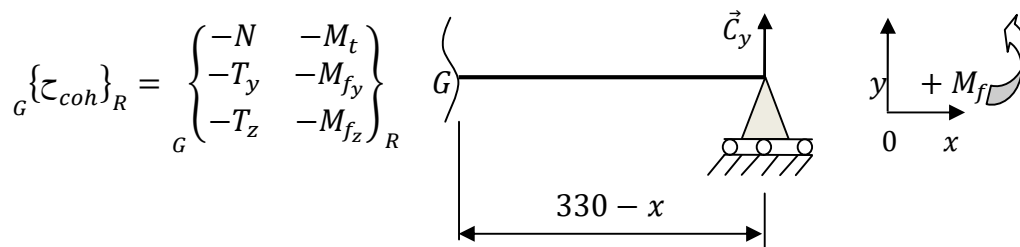
$$\rightarrow {}_G \{ \tau_{coh} \}_R = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -q(165-x) & 0 \\ 0 & \frac{300q}{2}x - \frac{q}{2}(x-15)(x-15) \end{Bmatrix}_R$$

$$\text{Pour } x = 15 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = -150q \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = 2250qN_{mm} \end{cases}$$

$$\text{Pour } x = 165 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = 0 \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = 13500qN_{mm} \end{cases}$$

$$\text{Pour } x = 315 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = 150q \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{fy} = 0 \\ M_{fz} = 2250qN_{mm} \end{cases}$$

$$315 \leq x \leq 330$$



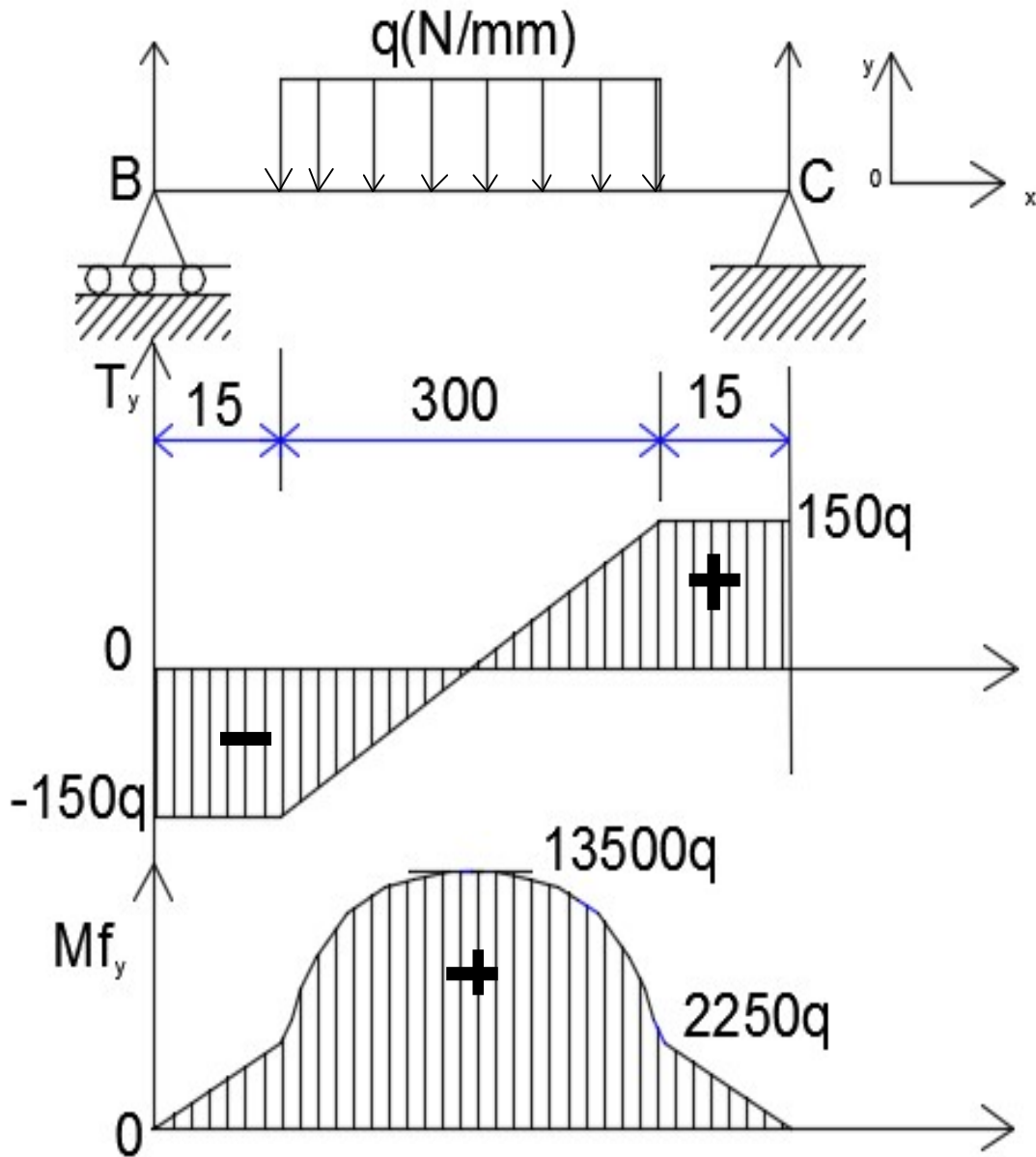
$${}_G \{ \tau_{coh} \}_R = \begin{Bmatrix} -N & -M_t \\ -T_y & -M_{fy} \\ -T_z & -M_{fz} \end{Bmatrix}_R$$

$${}_G \begin{pmatrix} -N & -M_t \\ -T_y & -M_{f_y} \\ -T_z & -M_{f_z} \end{pmatrix}_R = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \frac{300q}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{300q}{2}(330-x)q \end{pmatrix}_R$$

$$\text{Pour } x = 315 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = 150q \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = 2250q N_{mm} \end{cases}$$

$$\text{Pour } x = 330 \rightarrow \begin{cases} N = 0 \\ T_y = 150q \\ T_z = 0 \end{cases} \text{ Et } \begin{cases} M_t = 0 \\ M_{f_y} = 0 \\ M_{f_z} = 0 \end{cases}$$

III.II.4.2 Tracer des diagrammes correspondants



III.II.5 DETERMINATION DU DIAMETRE CORRESPONDANT

Soit $\vec{F} = \vec{T} - \vec{t} \leftrightarrow F = T(1 - e^{-f\alpha})$ et $t = Te^{-f}$ avec

$\alpha = \pi \text{rad}$ (angle d'enroulement du tapis sur l'arbre) et $f = 0.6$ (coefficient de frottement cuire acier) [15]

$$M_{f_{Max}} = 13500q \text{ Avec } q = \frac{\vec{F}}{300} \rightarrow M_{f_{Max}} = 13500 \frac{F}{300}$$

▪ Condition de résistance

$$\frac{M_{f_{Max}}}{\frac{I_{GZ}}{2 \frac{d}{d}}} \leq \sigma_{adm} \leftrightarrow \frac{32 M_{f_{Max}}}{\pi d^3} \leq \sigma_{adm} \rightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{32 f_{Max} F}{300 \pi \sigma_{adm}}}$$

Or $F = T(1 - e^{-f\alpha})$ et $T = 7987.6N$

Caractéristiques du matériau

$$\sigma_{adm} = 60M_{Pa} ; \quad s = 4 ; \quad \sigma_e = 240M_{Pa}$$

$$AN \ d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * 13500 * 7987.6(1 - e^{-0.6\pi})}{300 * 60\pi}} \rightarrow d \geq 35.001 \text{ mm}$$

Pour des raisons de limitation d'encombrement et du poids de la machine, notre d doit être compris entre 35 et 37 mm

III.II.6 CALCULS DE TRANSMISSION DE PUISSANCE

Données :

- Angle d'enroulement du tapis sur l'axe $\beta = 180^\circ$ soit πrad (diametre de l'arbre moteur identique à celui recpteur)
- Coefficient de frottement acier-cuire : $f = 0.6$ [15]
- Temps de fabrication de la tuile $t = 15$ s
- Longueur de la tuile $L = 34$ cm
- Entraxe $\Delta = 1700$ mm
- $d1 = d2 = 35$ mm

Hypothèse

La transmission entre $d1, d2$ et le tapis est positive

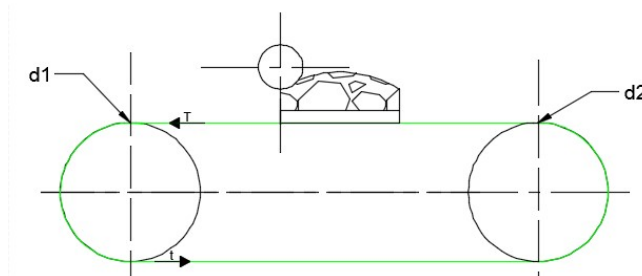


Figure III.2 : Schéma cinématique convoyeur

III.II.6.1 Détermination de la vitesse du tapis

$$V = \frac{L}{t} \quad \text{AN : } V = \frac{0,34}{15} \rightarrow V = 0.023 \text{ m/s}$$

III.II.6.2 Détermination de la longueur du tapis

$$L = 2\Delta + \pi \frac{d1 + d2}{2} + \frac{(d1 - d2)^2}{4\Delta} \leftrightarrow L = 2\Delta + \pi d1$$

$$\text{AN: } L = 2 * 1700 + 31\pi \rightarrow L = 3497.4 \text{ mm}$$

III.II.6.3. Détermination de la vitesse de rotation(N) de l'arbre récepteur (d1)

$$V = w \frac{d1}{2} \text{ avec } w = \frac{\pi N}{30} \rightarrow N = \frac{60V}{\pi d1}$$

$$\text{AN: } N = \frac{60 * 0.023}{\pi * 37 * 10^{-3}} \rightarrow N = 11.559 \text{ tr/min} \approx 12 \text{ tr/min}$$

III.II.6.4. Détermination de la puissance utile

$$P = F * V \rightarrow P_u = T(1 - e^{-f\beta})V$$

$$\text{AN: } P_u = 7987.6(1 - e^{-0.6\pi}) * 0.023 \rightarrow P_u = 155.82 \text{ W}$$

III.II.6.5. Détermination de la puissance motrice et adoption du moteur

Considérons notre système poulie corroie ci-dessous avec une puissance sur la polie réceptrice qui est : $P_r = 155.82 \text{ W}$ et fixons le rendement $\eta = 1$

Pour ce faire, nous considérons l'hypothèse qu'il s'agisse là, d'une transmission à indexage positif

$$P_r = \eta P_m \rightarrow P_m = \frac{P_r}{\eta} \rightarrow P_m = P_r$$

$$\text{AN: } P_m = 155.82 \text{ W}$$

Désignation du moteur

D'après le guide des sciences technologique le motoréducteur adéquat pour notre machine est du type **CEI AM63** aux caractéristiques suivantes : $P = 0.25 \text{ KW}$; $25 \leq N \leq 40$ (tours/min)

III.II.6.6. Etude et adoption d'un système de transmission poulie courroie

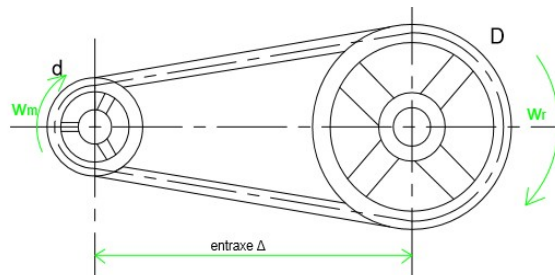


Figure III. 3. Système poulie courroie

Considérant les données suivantes :

- Vitesse de rotation à la sortie du motoréducteur (poulie motrice)
 $N_m = 30\text{trs}/\text{min}$
- Vitesse de rotation sur la poulie réceptrice ; $N_r = 12\text{trs}/\text{min}$
- Diamètre de la petite poulie (motrice) ; $d = 112\text{mm}$ [21]

III.II.6.6.1. Etude et adoption des poulies

- Détermination du rapport de transmission k_t de notre système

$$k_t = \frac{N_r}{N_m} = \frac{d}{D} ; \text{ AN: } k_t = \frac{12}{30} \rightarrow k_t = 0.4$$

- Détermination du diamètre D de la grande poulie

$$D = \frac{d}{k_t} ; \text{ AN: } D = \frac{112}{0.4} \rightarrow D = 280\text{mm}$$

D'après le guide des sciences et technologies industrielles, les poulies que nous adoptons sont des poulies pour courroies trapézoïdales de type z avec d (diamètre de la petite poulie)=112mm et D (diamètre de la grande poulie)=200mm [21]

III.II.6.6.2. Etude et adoption de la courroie

- Détermination de l'entraxe (Δ)

$$\Delta \geq \frac{d+D}{2} + d; \quad \text{AN: } \Delta \geq \frac{112+280}{2} + 112 \rightarrow \Delta \geq 308\text{mm}$$

- Détermination de la longueur primitive L_p de la courroie

$$L_p = 2\Delta + \pi \frac{D+d}{2} + \frac{(D-d)^2}{4\Delta} \quad \text{AN: } L_p = 2 * 308 + \pi \frac{280+112}{2} + \frac{(280-112)^2}{4*308}$$

$$L_p = 1254.65\text{mm}$$

Nous adopterons la valeur normalisée $L_p = 1253\text{mm}$ (annexe)

- Détermination de l'angle d'enroulement θ de la courroie sur la petite poulie

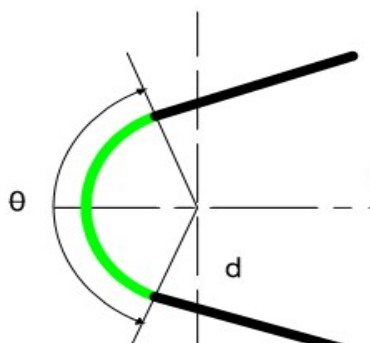


Figure III.4. Schéma de présentation de l'angle d'enroulement

$$\theta = 180^{\circ} - 2\sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2\Delta}\right) \quad AN: \theta = 180^{\circ} - 2\sin^{-1}\left(\frac{280+1}{2*308}\right) \rightarrow \theta = 100.957^{\circ}$$

- **Détermination du coefficient correcteur K_l fonction de la longueur primitive L_p**

Soit la donnée : $L_p = 1095mm$

Pour ce faire, nous faisons une Interprétation du graphe des coefficients correcteur (guide des sciences et technologies industrielles, page 381)

$$\rightarrow K_l \approx 0.93 [21]$$

- **Détermination du coefficient correcteur K_{θ} fonction de l'angle d'enroulement θ**

Soit la donnée : $\theta = 100.957^{\circ}$

Après interprétation du graphe desdits coefficients correcteur (guide des sciences et technologies industrielles, page 381)

$$\rightarrow K_{\theta} \approx 0.74$$

- **Détermination de la vitesse V_c de la courroie**

$$V_c = W_d * \frac{d}{2} \leftrightarrow \frac{\pi N_m d}{60} \quad AN: V_c = \frac{\pi 3 * 0.112}{60 * 10^3} \rightarrow V_c = 0.176m/s$$

- **Détermination de la puissance de service [21]**

Pour ce faire, d'après le guide des sciences et technologies industrielles, page 383 ;

Nous considérons un coefficient de correction $K_S = 1.3$

$$P_S = P_u * K_S \quad AN: P_S = 155.82 * 1.3 \quad \rightarrow \quad P_S = 0.202 KW$$

- **Détermination de la puissance de base P_b**

Pour ce faire, considérons les données suivantes :

- Diamètre primitif de la petite poulie qui est $d = 112mm$
- V_m : la vitesse de rotation de la poulie motrice ; $0 \leq V_m \leq 5$ (m/s)

Par interprétation du graphe de puissance (d'après le guide des sciences et technologies industrielles, page 383) on obtient la valeur suivante : [21]

$$P_b \approx 1.53KW$$

- **Détermination de la puissance admissible par la courroie [21]**

$$P_{ad} = P_b * K_l * K_{\theta}; \quad AN: P_{ad} = 1.53 * 0.93 * 0.74 \quad \rightarrow \quad P_{ad} = 1.052KW$$

Nous noterons qu'après revérification des paramètres de départ, la machine peut fonctionner avec le motoréducteur choisi en toute sécurité.

▪ **Détermination du nombre n de courroies [21]**

$$n = \frac{P_S}{P_{ad}} \quad AN: n = \frac{0.202}{1.052} \rightarrow n = 0.191$$

Pour le fonctionnement de notre système, nous aurons besoin d'une seule courroie dont les références principales sont

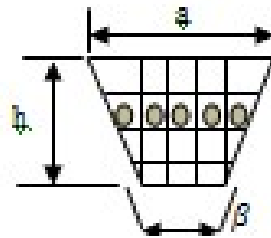


Figure III.5 : coupe de la courroie

Série A ; $a=13mm$; $h=8$; $75 \leq d_p \leq 800mm$; $\beta = 40^\circ$. [21]

III.II.6.6.4. Dimensionnement et adoption des clavettes

Hypothèses :

Comme hypothèse nous admettons que :

- La clavette sera employée dans des conditions de travail moyennes
- Les dimensions de la clavette sont petites par rapport au diamètre de l'arbre

Pour lier en rotation notre arbre récepteur à la poulie réceptrice, nous aurons besoin de :

- Une clavette parallèle
- Goupille fendue

Pour cela, la nécessité de monter une clavette adéquate se présentant nous dimensionnons cette dernière. La figure ci contre présente une clavette parallèle en service dans un m

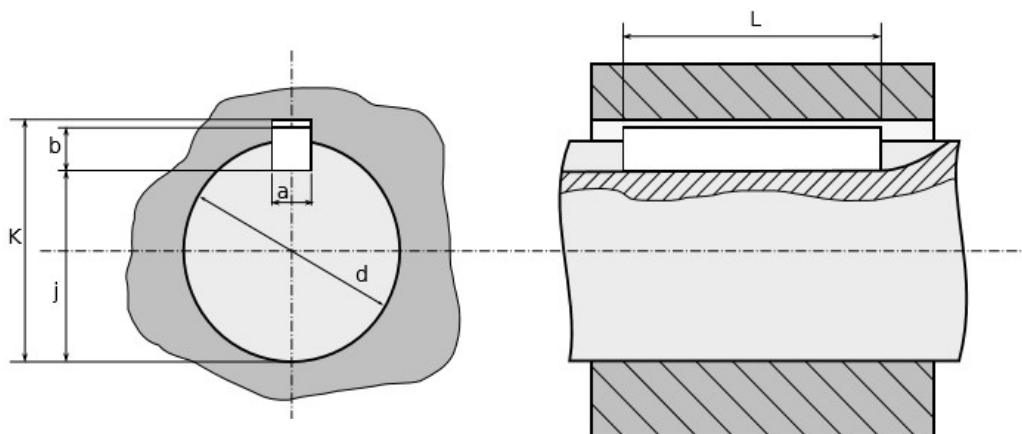


Figure III.6. Schéma de clavette montée

Données :

- Diamètre de l'arbre récepteur $d = 37mm$
- Résistance pratique à la rupture de notre matériau dans les conditions moyennes d'utilisation est : $R_p = 600M_{Pa}$
- Effort sur la clavette $F = 6.775 * 10^3 N$
- Pression admissible $P_{adm} = 75M_{Pa}$

Choix de la section totale (S_t) de clavette [19]

D'après « *Methode active de dessin industriel page 154* », pour $30 \leq d \leq 38mm$;

$$\rightarrow a = 10mm \text{ et } b = 8mm; S_t = a * b; \quad AN: S_t = 80mm^2$$

- Détermination de la section de choque S_c en fonction de longueur L

$$S_c = L(j + b - d); \quad AN : S_c = L(33 + 8 - 37) \rightarrow S_c = 4Lmm$$

- Détermination de la pression de matage ou contrainte de cisaillement (P_{mat}) en fonction de L

$$P = \frac{F}{S_c} = \frac{2C_r}{Ld(j+b-d)}; \quad AN: P = \frac{6.775*10^3}{4L} M_{Pa}$$

- Condition de résistance de la clavette au cisaillement [21]

$$P_{mat} < 0.5P_{adm} \text{ Avec } P_{mat} = \frac{F}{aL}$$

- Détermination de la longueur L de la clavette

$$\frac{F}{aL_{min}} < 0.5P_{adm} \rightarrow L_{min} > \frac{F}{0.5P_{adm}*a}$$

$$AN: L_{min} > \frac{6.775 * 10^3}{0.5 * 75 * 10} \rightarrow L_{min} = 18.066mm$$

Longueur maximale de clavette L_{max}

d'apresla condition $L_{max} < 1.5d$, avec $d = 37 \rightarrow L_{max} < 55.5mm$

En conclusion, nous adoptons une longueur $l=30mm$ et notre clavette sera désignée comme suit :

clavette parallele de forme A * 10 * 8 * 25 [19]

III.II.6.6.5. Adoption Et Calcul Des Roulements

Compte tenu de la présence de charges radiales importantes à supporter par notre roulement, et tenant compte également de leurs capacités à supporter aisément des charges radiales élevées, nous optons pour des roulements à rouleaux cylindriques.

Hypothèses

Nos roulements travaillent dans des environnements propres

Données : d'après le guide du dessinateur industriel[20]

- Fréquence de rotation de l'arbre $N_r = 12\text{trs}/\text{min}$
- Caractéristique du choix de la série $e \leq 0.2$
- Diamètre de l'arbre $d = 35\text{mm}$
- Diamètre de la bague extérieure $D = 72\text{mm}$
- Largeur du roulement $B=17\text{mm}$
- Série du roulement 03
- Charge dynamique $C = 48400\text{N}$
- $F_r = 6.775 * 10^3\text{N}$
- Durée de vie des roulements pour convoyeurs $L_{10} = 60000\text{ heures}$
- **Détermination de la charge équivalente P**

$$P = XF_r + YF_a \text{ Or } F_a = 0 \rightarrow P = XF_r ; [20]$$

$$\text{AN : } P = 6.775 * 10^3\text{N avec } X = 1$$

- **Détermination des durées de vie de notre roulement à 90% de fiabilité**
- **Durée de vie L_{10} en million de tours avec $n = \frac{10}{3}$**

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^n \text{ AN : } L_{10} = \left(\frac{48400}{6775}\right)^{\frac{10}{3}}$$

$$\rightarrow L_{10} = 702.188$$

- **Durée de vie en heure de fonctionnement L_{10H}**

$$L_{10} = \frac{L_{10} * 10^6}{60 * N} \text{ AN : } L_{10} = \frac{702.188}{60 * 12} 10^6$$

$$\rightarrow L_{10H} = 975261.111 \text{ heures}$$

Soit $975261.111 > 60000\text{ heures}$; donc, nous avons une très bonne durée de vie en fonctionnement du roulement.

Désignation du roulement choisi : 35RU03[20]

III.III. ETUDE GRAPHIQUE

Voir folio

CONCLUSION PARTIELLE

Dans ce chapitre il a été question pour nous de faire une étude de dimensionnement de notre machine et produire les schémas et dessins qui présentent clairement notre prototype. Ce ci étant fait, il sera question pour nous dans le chapitre prochain de mener une étude de fabrication et des coûts devant permettre la réalisation de notre prototype.

CHAPITRE 4

ETUDE DE FABRICATION, ESTIMATION DES COUTS

ET MANTENANCE

INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent il a été question pour nous de dimensionner et de faire le dessin de notre machine prototype. A Sa fin, nous avons annoncé le contenu du présent chapitre. Il est désormais question pour nous de présenter de manière détaillée et explicite son contenu.

IV.I. ETUDE DE FABRICATION

Dans cette sous partie il sera question pour nous de faire une estimation de la durée globale de réalisation de notre machine et aussi, de procéder à une analyse de fabrication de certains éléments clé de la machine.

IV.I.1.PLANNING DE REALISATION DE LA MACHINE

Pour ce faire, nous procéderons par la technique dévaluation et de mise à jour du programme.

Tableau IV.1 : Activités et tâches du projet

Tâches	Activités	Tâches antérieures	Durée en (jours)
A	Prise de contact avec un atelier de fabrication	/	2
B	Achat moteur et accessoires de transmission de puissance	A	1
C	Achat de la matière d'œuvre (profilés)	A	2
D	Préparation du brut	C	1
E	Usinage et ajustage des pièces	C, D	3
F	Assemblage des profiles usinés	E	1
G	Montage du moteur	E, B	1
H	Essai de la machine	G, F	1

Tableau IV.1 .2 : Dictionnaire des antériorités

Tâches	antériorités
A	/
B	A
C	A
D	C
E	C, D
F	E
G	E, B
H	G, F

Tableau IV. 3 : Matrice de niveau de réalisation des tâches

Taches \ Niveaux	A	B	C	D	E	F	G	H
I								
II								
III								
IV								
V								
VI								

▪ **Ordonnancement des tâches**

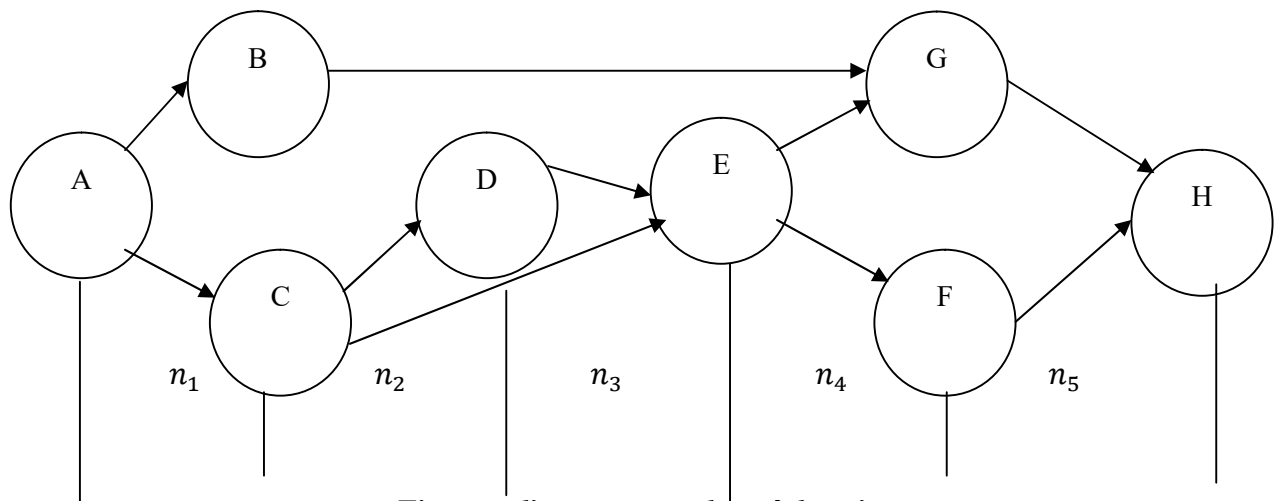


Figure : diagramme ordonné des niveaux

▪ **Elaboration du réseau PERT**

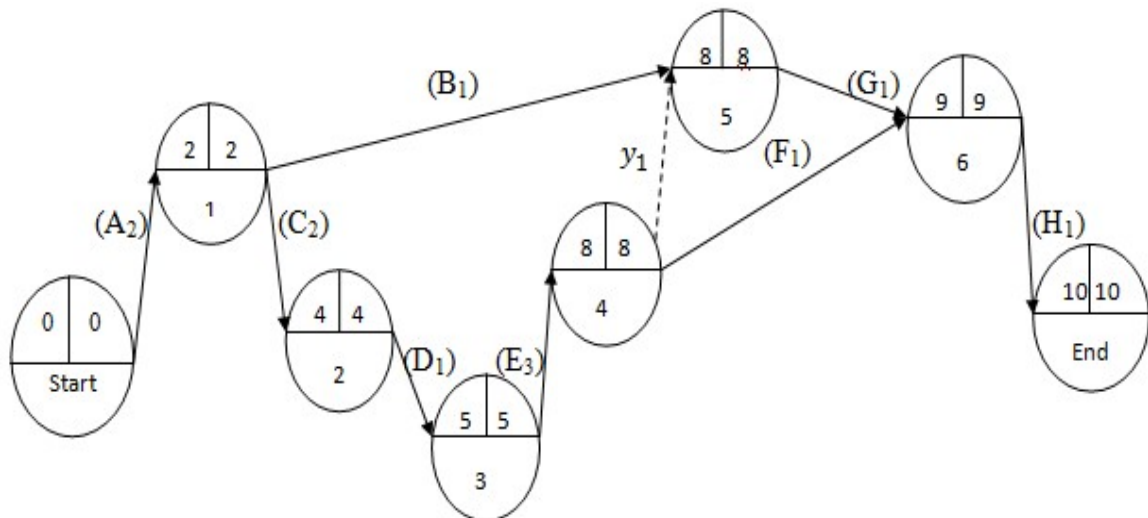
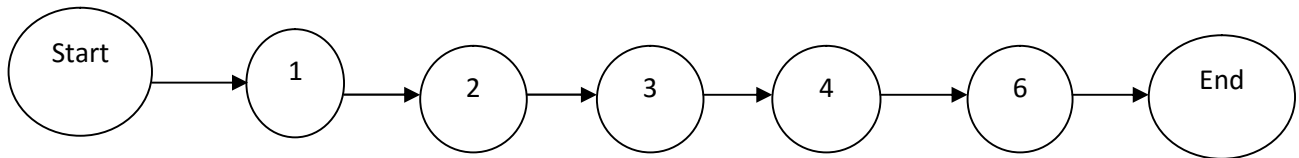


Figure : diagramme sagittal des travaux

▪ Identification du chemin critique

Il s'agit là du chemin qui ne tolère pas de retard dans la réalisation du projet. Ce chemin est le suivant :

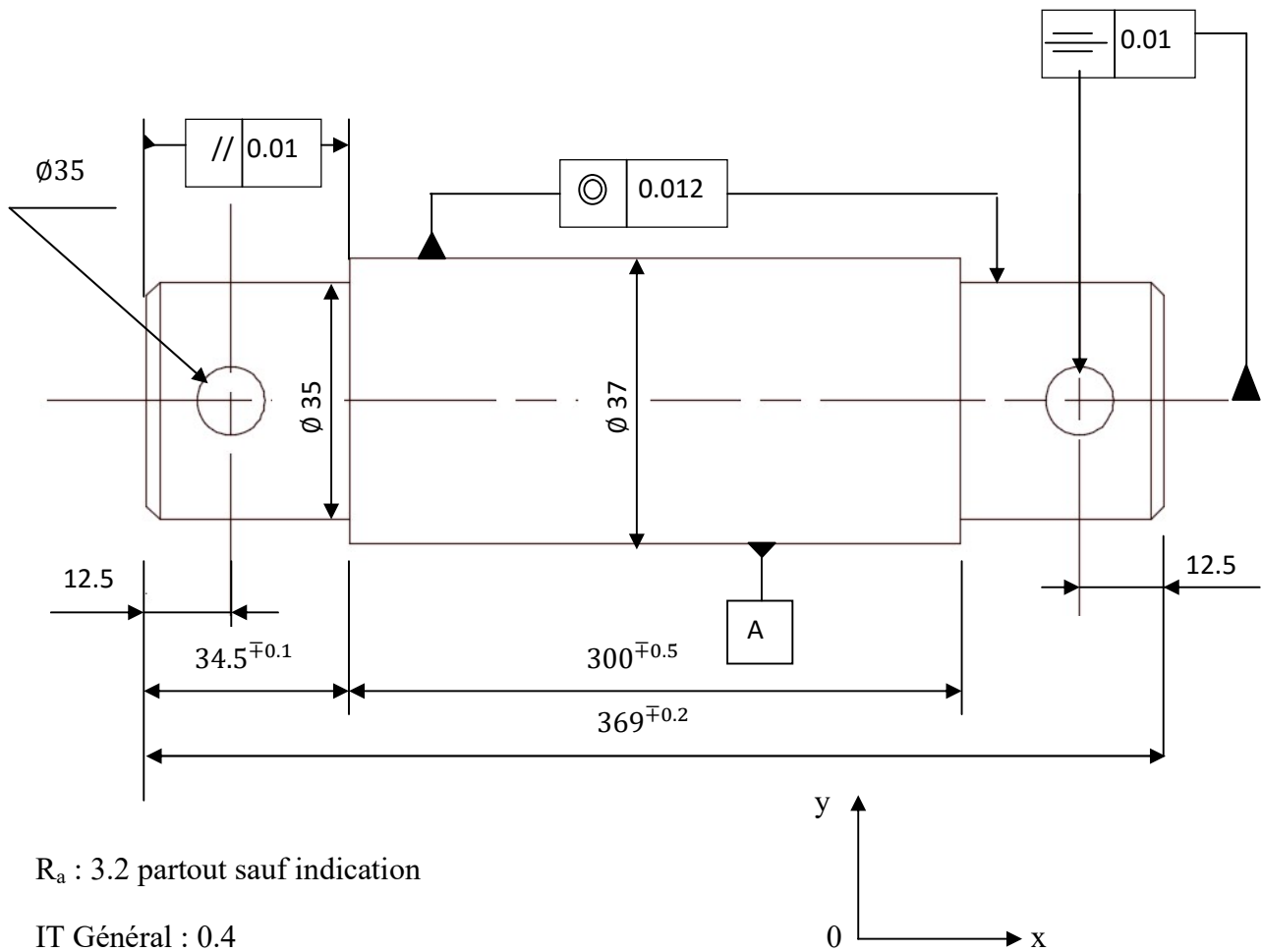


D'après l'interprétation du graphe digital ci haut nous pouvons concluons que la réalisation de notre machine sera effective en dix jours

IV.I .ANALYSE DE FABRICATION

Dans cette sous partie il est question pour nous de présenter les différents moyen et technique permettent l'usinage des pièces prioritaires que possède notre machine.

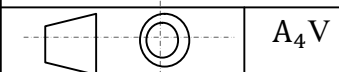
DESSIN DE DEFINITION



ENSET D'EBOLOWA

AXE DE COMPACTAGE

ECHELLE 1/1

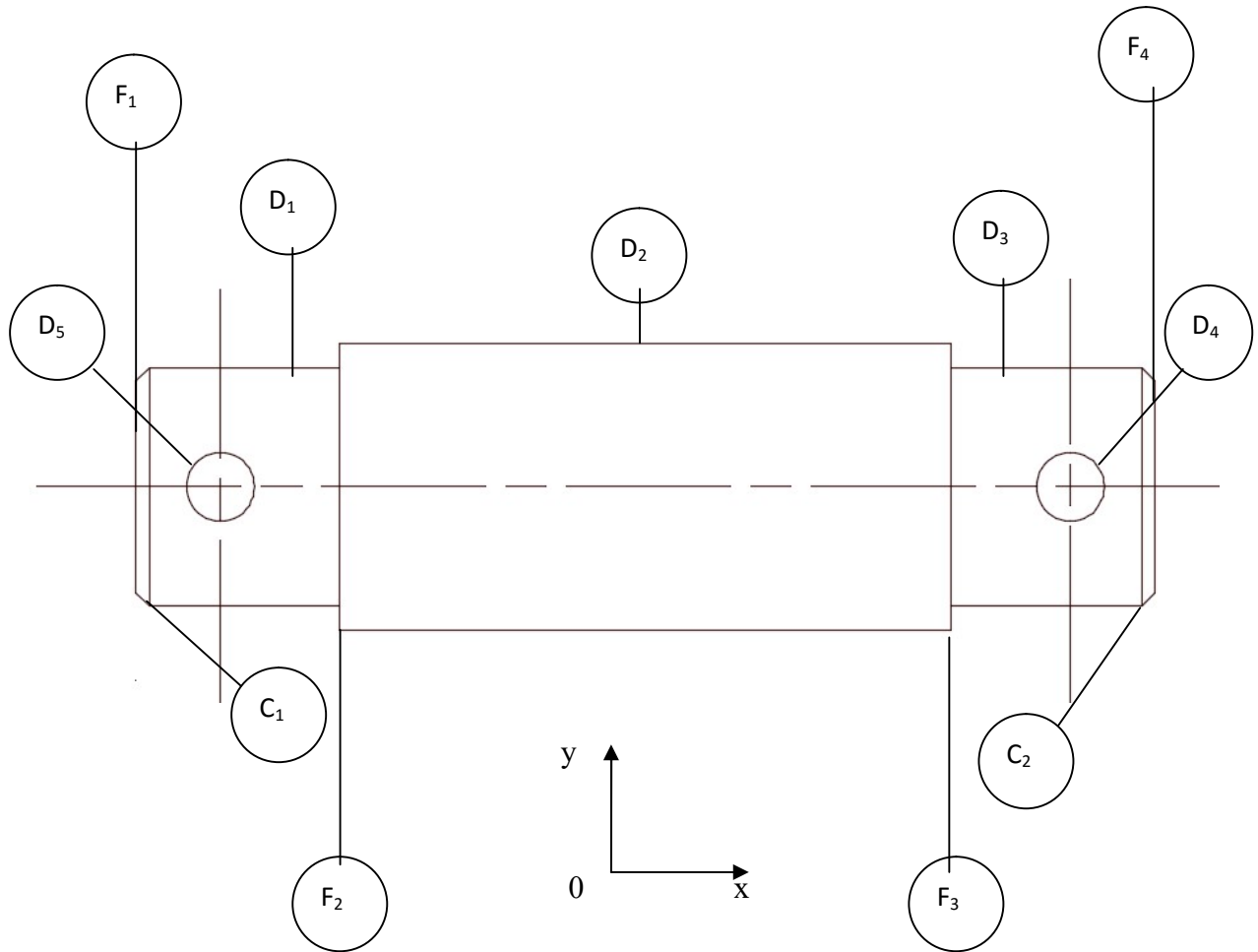


A₄V

MBALLA ESSAH SYLVAIN

FILIRE : CM5

DESSIN DE FABRICATION



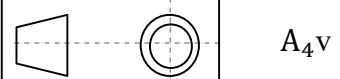
R_a : 3.2 partout sauf indication

IT Général : 0.4

ENSET D'EBOLOWA

AXE DE COMPACTAGE

ECHELLE 1

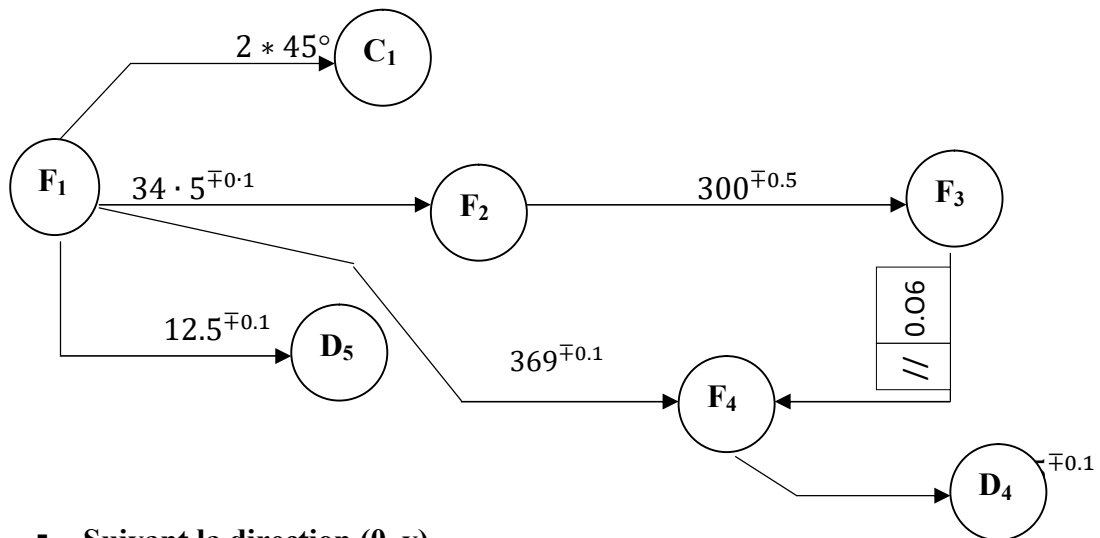


MBALLA ESSAH Sylvain

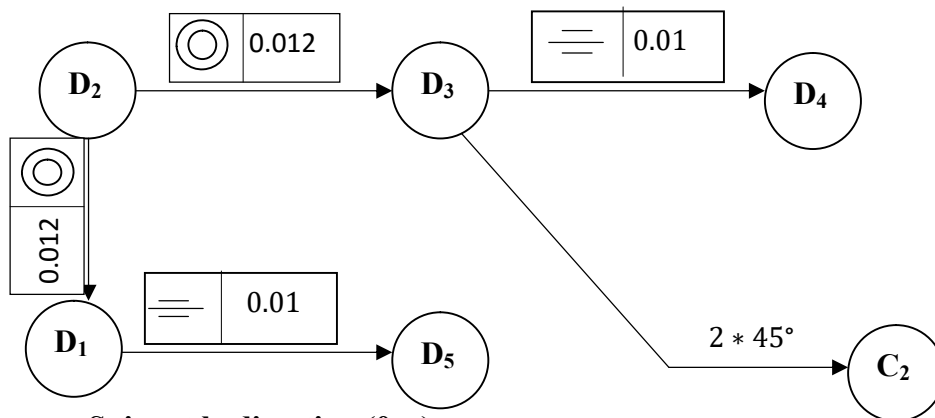
FILLIERE CM5

Elaboration des graphes de liaison

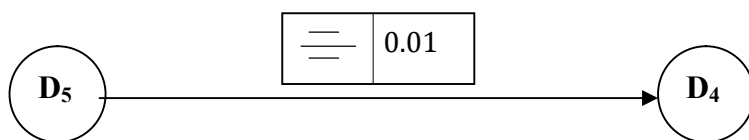
- Suivant la direction (0, x)



- Suivant la direction (0, y)



- Suivant la direction (0, z)



CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

T1bleau iv.4. Elaboration du tableau des opérations élémentaires

REPERES DES SURFACES	EXIGENCES FONCTIONNELLES			EXIGENCES TECHNOLOGIQUES	OPERATIONS ELEMENAIRES		
	IT	R _a	QUALITE		NATURE	NOMBRE	SYMBOLES
F ₁	0.4	3.2				01	F ₁ F
F ₂	0.2	3.2		Contrainte économique	plane	01	F ₂ F
F ₃	1	3.2				01	F ₃ F
F ₄	0.4	3.2				01	F ₄ F
D ₁	0.012	1.6				03	D ₁ E, D ₁ ^F / ₂ , D ₁ F
D ₂	0.4	3.2				01	D ₂ F
D ₃	0.012	1.6				03	D ₃ E, D ₃ ^F / ₂ , D ₃ F
D ₄	0.01	3.2		Contrainte économique		01	D ₄ F
D ₅	0.01	3.2		Contrainte économique		01	D ₅ F
C ₁	0.4	3.2				01	C ₁ F
C ₂	0.4	3.2				01	C ₂ F
ASSOCIATION DES SURFACES							
SURFACES ASSOCIEES		NOUVELLE DESIGNATION			JUSTIFICATION		
D ₁ F +F ₂ F		G ₁ F			- Outils couteau en ARS		
D ₃ F +F ₃ F		G ₂ F			- Outil couteau en ARS		

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.5. Contraintes d'antériorités

SURFACES ELEMENTAIRES	CONTRAINTES													
	DIMENSIONNELLES	GEOMETRIQUES							TECHNOLOGIQUES			ECONOMIQUES		
		//	⊥	⊙	⊕	∠	≡	SURFACE	REPRISE	OPERATIONS	BAVURE	MOINDRE USINAGE	OUTILS DE FINITION	
G ₁ E	F ₁ F						D ₂ F							
G ₁ ^F / ₂	F ₁ F						D ₂ F			G ₁ E				
G ₁ F	F ₁ F						D ₂ F			G ₂ ^F / ₁				
G ₂ E	G ₁ F			D ₂ F										
G ₂ ^F / ₂	G ₁ F			D ₂ F						G ₂ E				
G ₂ F	G ₁ F			D ₂ F						G ₂ ^F / ₂				
F ₁ F														
F ₄ F	F ₁ F													
D ₂ F														
D ₄ F	F ₄ F						G ₂ F							
D ₅ F	F ₁ F						G ₁ F							
C ₁ F	F ₂ F													
C ₂ F	G ₂ F													

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.6. Opérations et niveaux

CONTRAINTES D'ANTERIORITES														TOTAL	NIVEAUX												
	G ₁ E	G ₁ ^F / ₂	G ₁ F	G ₂ E	G ₂ ^F / ₂	G ₂ F	F ₁ F	F ₄ F	D ₂ F	D ₄ F	D ₅ F	C ₁ F	C ₂ F							7	8	9					
G ₁ E							1		1						2	0											
G ₁ ^F / ₂	1						1		1						3	1	0										
G ₁ F		1					1		1						3	1	1	0									
G ₂ E			1						1						2	1	1	1	0								
G ₂ ^F / ₂			1	1					1						3	2	2	2	1	0							
G ₂ F			1		1				1						3	2	2	2	1	1	0						
F ₁ F															0												
F ₄ F							1								1	0											
D ₂ F															0												
D ₄ F						1		1							2	2	1	1	1	1	1	0					
D ₅ F			1				1								2	1	1	1	0								
C ₁ F							1								1	0											
C ₂ F						1									1	1	1	1	1	1	1	0					
ORDRE DES OPPERATIONS														F ₁ F	G ₁ E	G ₁ ^F / ₂	G ₁ F	G ₂ E	G ₂ ^F / ₂	G ₂ F	D ₄ F						
														D ₂ F	F ₄ F			D ₅ F			C ₂ F						
															C ₁ F												

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.7 : Regroupement des opérations en phase

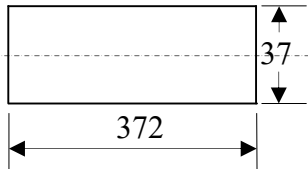
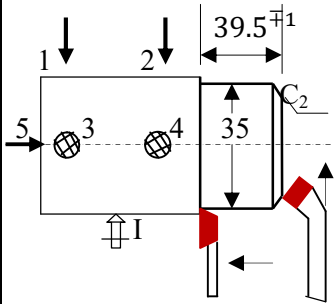
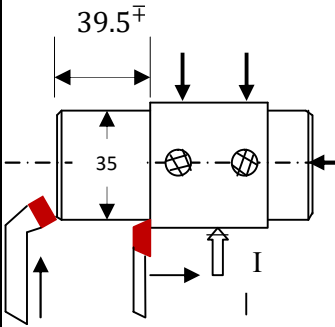
NIVEAU D'USINAGE	OPERATIONS ELEMENTAIRES
1	G ₁ E, F ₄ F, C ₁ F TOURNAGE
2	G ₁ ^F / ₂
3	G ₁ F
4	G ₂ E, D ₅ F PERÇAGE
5	G ₂ ^F / ₂
6	G ₂ F
7	C ₂ F, D ₄ F
8	

Tableau IV.8. Avant projet d'étude de fabrication

N° DE PHASE	DESIGNATION	SURFACES USINEES
10	CONTOLE DU BRUT	
20	TOURNAGE	G ₁ E, F ₄ F, C ₁ F, G ₁ ^F / ₂ , G ₁ F, G ₂ ^F / ₂ , C ₂ F, G ₂ E, G ₂ F
30	PERÇAGE	D ₅ F, D ₄ F
40	CONTROLE FINAL	

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

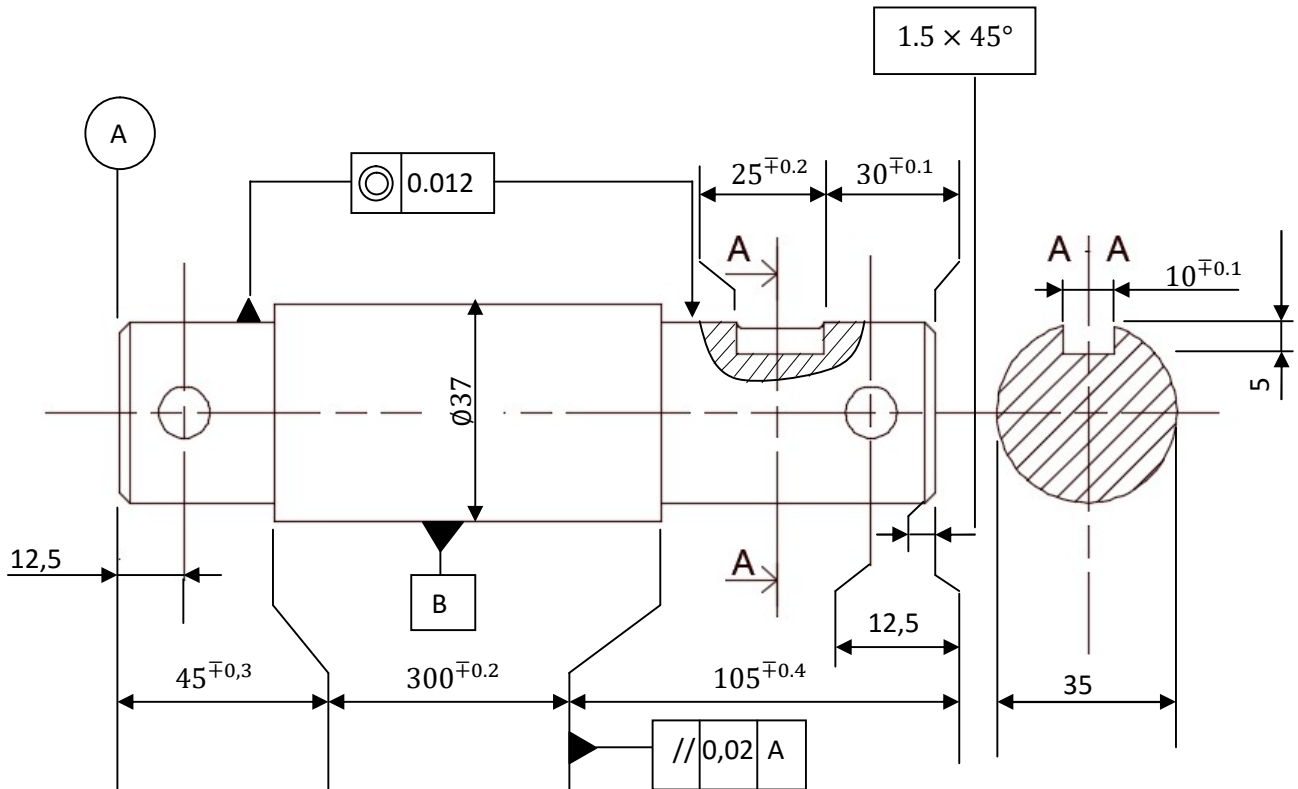
Tableau IV.9. Feuille d'analyse de fabrication

Numéro des phases	Désignation des phases, sous phases et opérations	Machines utilisées	Appareillages outils coupants vérificateurs	Croquis de la pièce aux divers stades d'usage
10	Contrôle du brut	/	Pieds à coulisse au 1/50	
20	<p>Tournage 1 pièce en montage. Référentiel de départ défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage long en N(1,2,3,4) - Appui ponctuel en N(5) - Immobilisation en I <p>Dresser F4 en finition directe</p> <p>Charioter et dresser simultanément F₃ (finition directe) Cf= 34,5^{±1} et D₃ (ébauche, demi-finition et finition) Cf= Ø35</p> <p>Chanfreiner C₂ (finition directe) Cf=2 · 45°</p> <p>Dresser F₁ en finition directe</p> <p>Charioter et dresser simultanément F₂ (finition directe) Cf= 34,5^{±1} et D₁ (ébauche, demi-finition et finition) Cf= Ø35</p> <p>Chanfreiner C₁ (finition directe) Cf=2 · 45°</p>	Tour parallèle	<p>Montage F20 dans le mandrin</p> <p>Outil coudé en ARS</p> <p>Outil couteau en ARS</p> <p>Outil coudé en ARS</p> <p>Pieds à coulisse au 1/50</p>	 

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

30	<p>Perçage Une pièce en montage Référentiel de départ défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Centrage long en 4N (1.2.3.4) - Appui ponctuel en 1N(5) -Immobilisation en 1N(6) <p>Perçer en finition directe $D_5 \varnothing 5$ $Cf=12.5$ Perçer en finition directe $D_4 \varnothing 5$ $Cf=12.5$</p>	Station de perçage verticale (Perceuse)	Montage F30 -Pieds coulisse 1/50 -Fort $\varnothing 5$	
40	CONTROLE FINAL	/	Pied coulisse Micromètre	

DSSIN DE DEFINITION



It = ± 0.5 partout sauf indication spécifiée

R_a = 3,2 partout sauf indication spécifiée

A	\perp	0.01	B
---	---------	------	---

D2	\odot	0.012	D1
----	---------	-------	----

F ₃	\parallel	0.06	F ₁
----------------	-------------	------	----------------

D1	\odot	0.01	B
----	---------	------	---

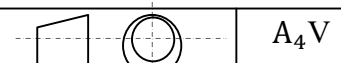
F ₁	\perp	0.1	B
----------------	---------	-----	---

F ₄	\perp	0.2	D ₂
----------------	---------	-----	----------------

ENSET D'EBOLOWA

AXE RECEPTEUR

ECHELLE 1/1

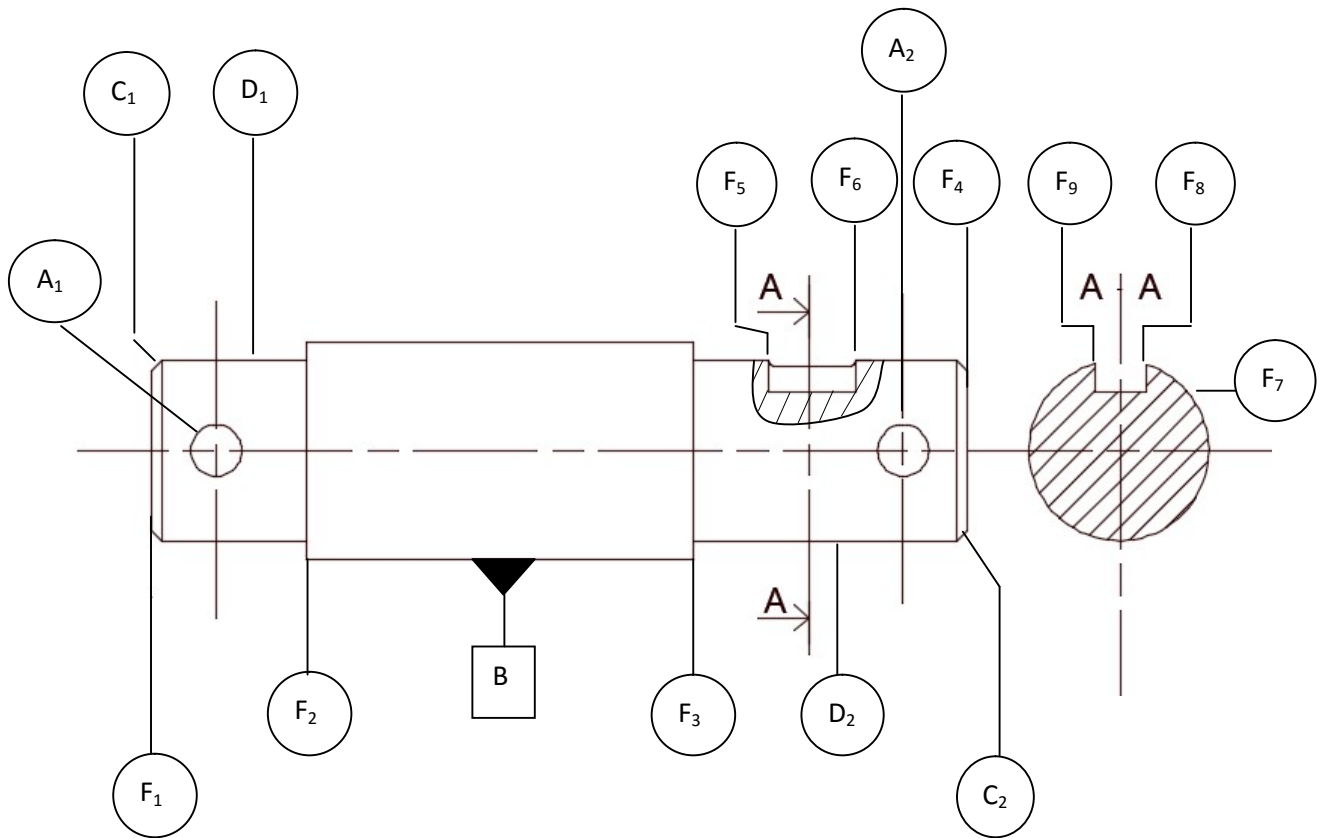


MBALLA ESSAH SYLVAIN

FILIRE : CM5



DESSIN DE FABRICATION



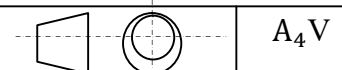
It = ± 0.5 partout sauf indication spécifiée

R_a = 3,2 partout sauf indication spécifiée

ENSET D'EBOWA

ARBRE RECEPTEUR

ECHELLE 1/1

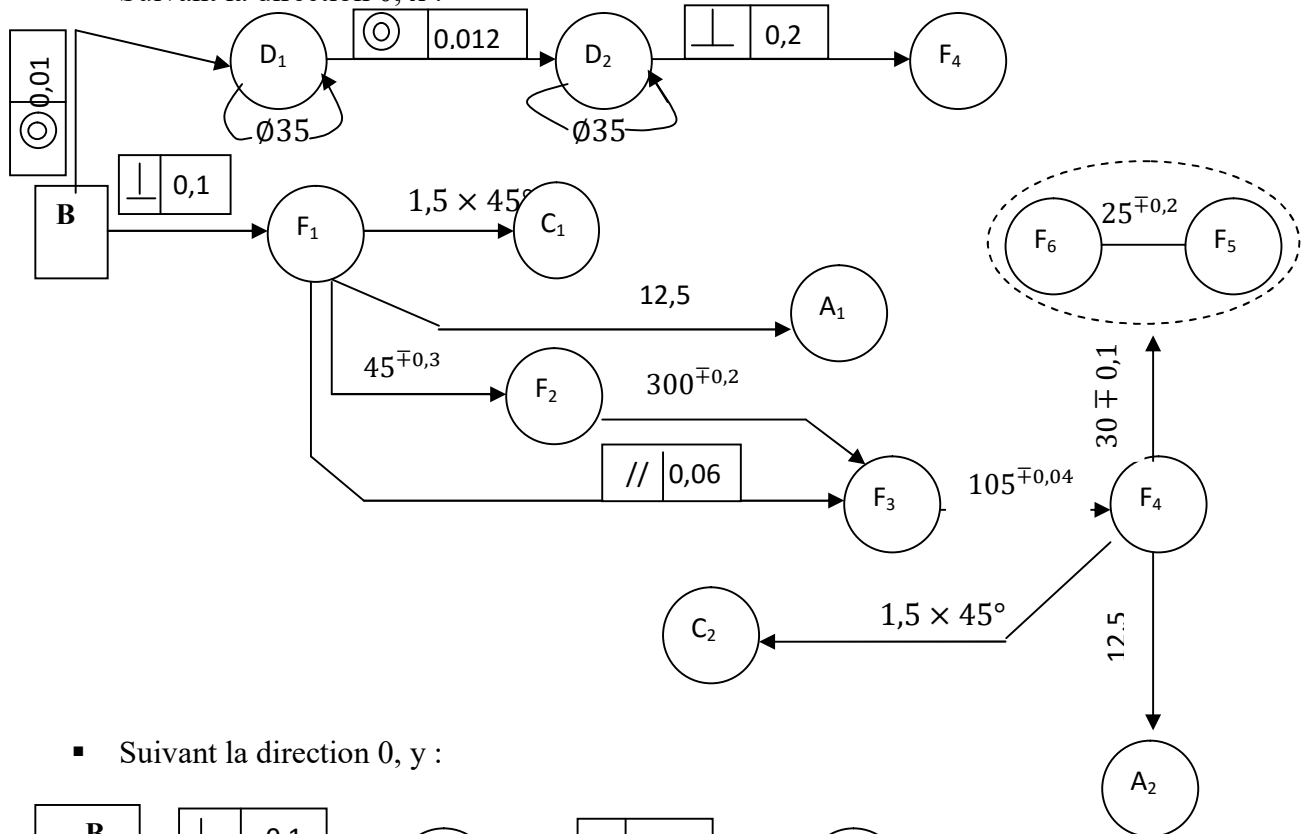


MBALLA ESSAH SYLVAIN

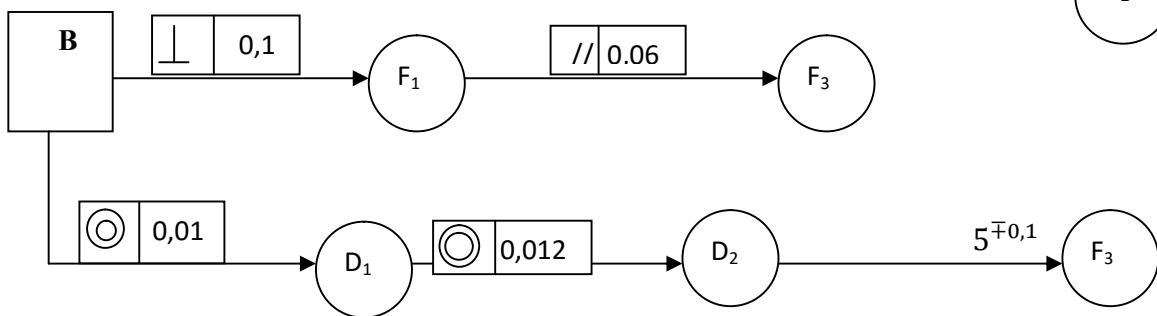
FILIRE : CM

GRAPHE DE LIAISON

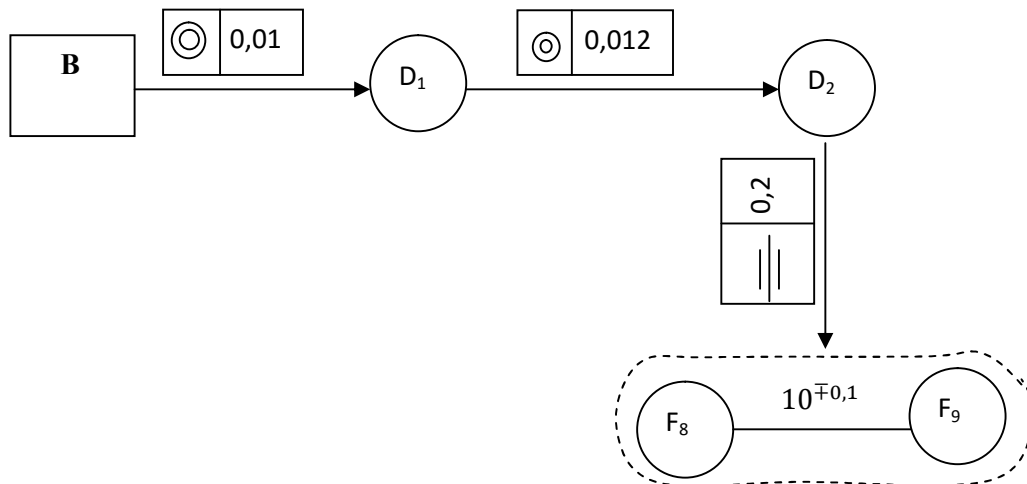
- Suivant la direction 0, x :



- Suivant la direction 0, y :



- Suivant la direction 0, z :



CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.10. Opérations élémentaires

Repère des surfaces	Exigences fonctionnelles			Exigences technologiques	Opération élémentaires	
	IT	Ra	qualité		Nombre	Symboles
F ₁	0.1	3.2		/	01	F ₁ F
F ₂	0.6	3.2		/	01	F ₂ F
F ₃	0.4	3.2		/	01	F ₃ F
F ₄	0.8	3.2		/	01	F ₄ F
F ₅	0.2	3.2		/	01	F ₅ F
F ₆	0.2	3.2		/	01	F ₆ F
F ₇	0.2	3.2		/	01	F ₇ F
F ₈	0.2	3.2		/	01	F ₈ F
F ₉	0.2	3.2		/	01	F ₉ F
D ₁	0.01	1.6		/	02	D ₁ E, D ₁ F
D ₂	0.012	1.6		/	02	D ₂ E, D ₂ F
A ₁	0.2	3.2		/	01	D ₁ F
A ₂	0.2	3.2		/	01	D ₂ F
C ₁	0.2	3.2		/	01	C1F
C ₂	0.2	3.2		/	01	C2F

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.11. Association des surfaces élémentaires

SURFACES ELEMENTAIRES	JUSTIFICATIONS	NOUVELLES DESIGNATIONS
F ₅ F, F ₆ F, F ₇ F, F ₈ F, F ₉ F	Outil à fraiser 2T en ARS	G ₁ F
F ₁ F, F ₂ F	Outil à charioter d'angle en ARS	G ₂ F
D ₂ F, F ₃ F	Outil à charioter d'angle en ARS	G ₃ F

Tableau IV.12 Analyse des contraintes d'antériorité

SURFACES ELEMENTAIRES	CONSTRAINTES												
	DIMENSIONNELLES	GEOMETRIQUES						TECHNOLOGIQUES			ECONOMIQUES		
		//	⊥	⊙	⊕	∠	≡	SURFACE	REPRISE	OPERATIONS	BAVURE	MOINDRE USINAGE	OUTILS DE FINITION
F ₁ F		B											
G ₁ F	F ₄ F, G ₃ F						G ₃ F			D ₁ E			
G ₂ F	F ₁ F									D ₂ E			
G ₃ F	G ₂ F	F ₁ F											
F ₄ F	G ₃ F		G ₃ F										
D ₁ E				B									
D ₂ E				G ₂ F									
A ₁ F	F ₁ F												
A ₂ F	F ₄ F												
C ₁ F	F ₁ F												
C ₂ F	F ₄ F												

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

6) Tableau IV.13. Niveau d'usinage

CONTRAINTES D'ANTERIORITES													TOTAL	NIVEAUX																					
B	F ₁ F	G ₁ F	G ₂ F	G ₃ F	F ₄ F	D ₁ E	D ₂ E	A ₁ F	A ₂ F	C ₁ F	C ₂ F			1	2	3	4	5	6	7	8	9													
B													0																						
F ₁ F	1												1	0																					
G ₁ F					1	1							2	2	2	2	2	2	0																
G ₂ F		1											2	2	0																				
G ₃ F		1											2	2	1	1	0																		
F ₄ F					1								1	1	1	1	1	0																	
D ₁ E	1												1	0																					
D ₂ E				1									1	1	1	0																			
A ₁ F		1											1	1	0																				
A ₂ F								1					1	1	1	1	1	1	0																
C ₁ F		1											1	1	0																				
C ₂ F													1	1	1	1	1	1	0																
ORDRE DES OPERATIONS																																			
													F ₁ F	G ₂ F	D ₂ E	G ₃ F	F ₄ F	G ₁ F																	
													D ₁ E	A ₁ F				A ₂ F																	
	C ₁ F				C ₂ F																														

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.14 Groupement en phase

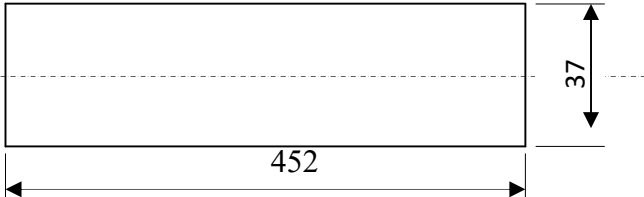
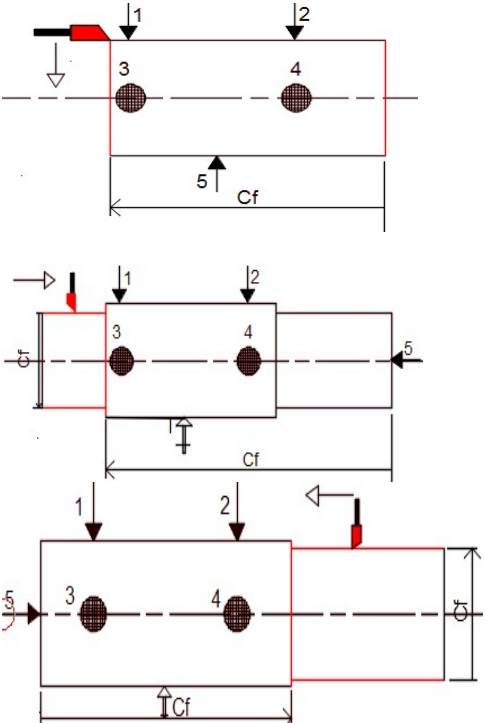
NIVEAU D'USINAGE	OPERATIONS ELEMENTAIRES
1	F ₁ F D ₁ E TOURNAGE 1
2	G ₂ F G ₁ F A ₁ F PERÇAGE
3	D ₂ E TOURNAGE 2
4	G ₃ F
5	F ₄ F
6	G ₂ F G ₁ F A ₂ F FRAISAGE

Tableau IV.15. Avant projet d'étude de fabrication

N° DE PHASE	DESIGNATION	SURFACES USINEES
10	CONTROLE DU BRUT	
20	TOURNAGE1	D ₁ E, F ₁ F, G ₂ F, G ₁ F
	TOURNAGE 2	D ₂ E, G ₃ F, F ₄ F, C ₂ F
30	PERÇAGE 1	A ₁ F
	PERÇAGE 2	A ₂ F
40	FRAISAGE	G ₁ F
50	CONTROLE FINAL	

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Tableau IV.16. FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICATION

Numéro des phases	Désignation des phases, sous phases et opérations	Machines utilisées	Appareillages outils coupants vérificateurs	Croquis de la pièce aux divers stades d'usinage
10	<u>CONTROLE DU BRUT</u>	/	Pieds à coulisse au 1/50	
20	<p><u>TOURNAGE</u> 1 pièce en montage. Référentiel de départ défini par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrage long N (1, 2, 3,4) - Appui ponctuel en N(5) - Immobilisation en I <p>a Dresser F4 et F₁ en finition directe Cf = 450</p> <p>b Charioter et dresser simultanément D₁.F₂ Cf = 405^{±0.6}et</p> <p>c Charioter et dresser simultanément D₂, F₃ Cf = 345^{±0.5}</p>	Tour parallèle	<p>Montage F20 dans le mandrin</p> <p>Outil coudé en ARS</p> <p>Outil couteau en ARS</p>	

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

<p>30</p> <p>a</p> <p>b</p>	<p><u>PERCAGE</u> Une pièce en montage Référentiel de départ défini par : -Centrage long en 4N (1.2.3.4) - Appui ponctuel en 1N(5) -Immobilisation en 1N(6)</p> <p>Percer en finition directe $A_1 : \varnothing 5$ $Cf = 12.5$</p> <p>Percer en finition directe $A_2 \varnothing 5$ $Cf = 12.5$</p>	<p>Station de perçage verticale (Perceuse)</p>	<p>Montage F30</p> <p>-Pieds à coulisse au 1/50</p> <p>-Fort $\varnothing 5$ en ARS</p>	
<p>40</p>	<p><u>FRAISAGE</u> Une pièce en montage Référentiel de départ défini par : -Centrage long en 4N (1.2.3.4) - Appui ponctuel en 1N(5) -Immobilisation en 1N(6) Fraiser simultanément en finition F_8, F_9, F_7</p>	<p>Fraiseuse universelle (V)</p>	<p>Pied à coulisse</p> <p>Fraise 3T $\varnothing 5$ en ARS</p>	

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

	$Cf = 30^{+0.1}$			
50	CONTROLE FINAL	/	-Pied à coulisse 1/50 -Micromètre	<p>The drawing shows a mechanical part with the following features and dimensions:</p> <ul style="list-style-type: none"> Overall length: $45^{+0.3}$ Distance from left end to start of main body: 12.5 Main body length: $300^{+0.2}$ Distance from end of main body to start of final section: $105^{+0.4}$ Distance from end of main body to center of final section: 12.5 Final section length: 35 Internal diameter of main body: $\varnothing 37$ Internal diameter of final section: $10^{+0.1}$ Final section thickness: 5 Top chamfer: $1.5 \times 45^\circ$ Surface texture symbol: $\sqrt{0.02} A$ Surface texture symbol: $\text{◎} 0.012$ Section lines: A-A and B-B

IV.II. ETUDE FINANCIERE

Dans cette sous partie il est question pour nous de déterminer le cout global de production de notre machine prototype et de faire une estimation de coût pour une production sérielle.

Tableau IV.17. Devis de réalisation du prototype

Référence	désignation	Quantifié	Prix unitaire	Prix total
01	Moto réducteur et accessoires	01		120 000
02	UPN 100×50×6	02	23400	46800
03	Fer T 100× 100 ×11	01		39650
04	Fer L 70× 40 × 6	04	8000	16900
05	Poulie Ø200	01		8 000
06	Poulie Ø120	01		8 000
07	Boulon HM13 -30U- Ecrou H	08	300	2400
08	Boulon HM8-20U- Ecrou H	10	500	5000
09	Goupille V5-60	06	200	1200
10	Fer rond Ø40	01		13500
11	Feuille d'acier 2 m ²	01		15000
12	Vis HM16-35T, classe 5-6	12	500	6000
13	30RU 03	04	5000	20000
14	Tapis	01		10000
15	Courroie trapézoïdale	01		3000
16	Fer plat100×11	01		11650
17	Palier	04	12500	50000
18	Peinture	05 litres		16 000
Montant 1 (M1)				345100
Montant TVA : 19,25%				66431.75
Montant 2 (M2)				411531.75
Main d'œuvre et location d'atelier				144036.1125
Transport et dépenses diverses				40000
Montant 3 (M3)				184036.1125
Montant total (MT) : MT= M1 + M2+ M3				940667.9
Notre devis est arrêté à la somme de neuf cent quarante mille six cent soixante sept virgule neuf (940.667,9) francs CFA				

Perspectives de production sérielle

Estimation du coût de production (C_p) pour la réalisation de cinquante machines

$C_p = MT \times n$; avec n le nombre de machine

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

$$AN : CP = 940667.9 \times 50 \quad \rightarrow \quad C_p = 47033395$$

Pour une production sérielle de cinquante unités, le coût de production s'élève à quarante sept millions trente trois mille trois cent quatre vingt quinze (**47033395**) francs CFA

Capacité de production par heure de la machine (P_h)

Hypothèse :

L'argile est introduite et ressort de la machine sous la forme d'une tuile en 15s

$$P_h = \frac{3600}{15} \rightarrow P_h = 240 \text{ Tuiles}$$

IV.III MAINTENANCE DE LA MACHINE

Il est question dans cette sous partie de présenter quelques opérations de maintenance à effectuer sur notre machine.

Tableau IV.18. Fiche de visite systématique

N ° ENSET2020		Visite systématique		Temps	n° Page
Machine à fabriquer des tuiles		mens uelle	mécanique		
		2 fois / Mois	Equipement entier	marche	arrêt
Consigne de sécurité : Passer en mode manuel pour l'intervention		Outils : jeux de clé à douille ; Micromètre			
		Résultat de la visite			Observations
Rep	Opération à exécuter	Bon	Fait	Relevé	
1	Ensemble fixe -Vérifier le serrage de toute la boulonnerie -nettoyer la structure après utilisation -vérifier la fixation terre				
2	Roulement - Vérifier des roulements -Lubrifier régulièrement à la graisse -Changer les roulements après 975261 heures de fonctionnement				
3	Courroie -vérifier l'état physique -Vérifier la tension de la courroie avec 10 à 15 mm de flèche				

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

4	Paliers -Graisser permanentement les paliers				
5	Tapis -Vérifier le séchage effectif du tapis -s'assurer du bon état de propreté du tapis				
6	Moteur électrique (faire tourner le moteur 15 minutes) -Vérifier l'état de fonctionnement du moteur				
Visite effectuée par :				Date :	

CONCLUSION PARTIELLE

Arrivé au terme de ce chapitre qui porte sur l'analyse de fabrication, l'estimation des coûts ainsi que la maintenance, le travail prochain portera sur la réalisation de notre prototype.

CONCLUSION GENERALE

Arrivé au terme de notre étude donc le thème était : **CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES**, nous pouvons dire. L'être humain sans cesse à la recherche du bien être et des solutions pouvant satisfaire ses besoins, tourne presque toujours son regard vers le développement technologique. Or l'acquisition des biens et prouesses proposés par ce développement de la technologie n'est pas toujours possible pour tous. C'est donc dans le cadre de facilitation d'accès à une machine de tuilerie et de promotion de l'usage des matériaux locaux dans le recouvrement des habitations que s'est inscrit notre thème. Au cours de son développement, plusieurs point ont été évoqués nous citons : les généralités sur la fabrication des tuiles où nous avons parlé des tuiles et des tuileries en général ; l'étude des solutions existantes et de proposition de prototype pendant laquelle nous avons mené une analyse profonde du besoin et établit les liens existants entre ces dernières , ce qui nous guida au choix et à la proposition de notre prototype ; l'étude du dimensionnement et graphique qui nous a permis de déterminer les caractéristiques dimensionnelles des éléments de notre machine prototype et en fin, nous avons mené une étude de fabrication et financière qui nous a mené à la réalisation de notre prototype.

Au vu du travail fait et de ce qui reste à faire certainement car l'œuvre humaine ne pouvant être parfaite, nous ne saurions prétendre que la tâche a été légère mais, sollicitons votre apport éclairé en vu de son amélioration

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] : [https:// www. notre famille.com](https://www.notre famille.com)
- [2] : <https://www.mecoconcept.com>
- [3] : <https://www.verdes.com>
- [4] : <https://www.briccameroun.com>
- [5] : <https://www.Tbloc.it>
- [12] : <https://www.cour tuilerie.fr>
- [13] : <https://www.tel.archives-ouvertes.fr>
- [14] : <https://www.SKF.com/go/17000>
- [7] : Jacques souillou, 1993, « Rives coloniales, architectures, de Saint-Louis à Douala ». Editions parenthèses/éditions de l'orstom, p (11à 20).
- [8] : Gaston simonnet à pargny-s, 1914, « Grandes tuileries et briqueteries, mécanique perfectionnées », E marnes
- [9] : Jérémie vignes, écoles des mines d'Albi carnaux,2014, « Modélisation de l'étape de façonnage des tuiles en terre cuite », français, presse, NNT : 2014 E M A C0014.p (27à32)
- [10] : Nations Unies conseil économique et social, juillet 1969, « Le développement de l'industrie de la brique en Afrique du centre ». distr, original, Français limité, E/cn.14/Inr/p(174).
- [11] : Carlo Ragazzi, 2013, « Machines et installations pour la fabrication des tuiles en béton » ,-44012 E-Bondeno (ferrara) / Italia. p (1 à 8)
- [15] : F.SCHOLOSSER /A.GUILLOUX, 1994, Publication «le frottement Terre-Acier».
- [16] : BRAKENA CHOUAIB, 2018, Memoire de Master «Etude et analyse de fabrication d'un arbre excentrique d'un axillareur de lingotiere » Page (18-43)
- [17] : SEWUSOGOME, Novembre 2006, Manuel « Reducteurs et motoréducteurs, 11358823/fr
- [18] : Y.SCHOEFS/S.FOURNIER/J.J Léon, octobre 1994, Productique mécanique, N°731.
- [19] : André Ricordeau/Pierre Compain, juillet 1984, Méthode Active de dessin technique Page (34-107 ; 163).
- [20] : André chevalier, Guide du dessinateur Industriel, Edition 2004.
- [21] : Jean Louis Fanchon, guide des sciences et technologies Industrielles, Edition Nathan.
- [22] : Pr Michel Bigand, Note de cours « Analyse fonctionnelle » central lille.



ENSET EBOLOWA

DEPARTEMENT DU GENIE MECANIQUE

Thème:

CONCEPTION ET REALISATION D'UNE MACHINE A FABRIQUER DES TUILES

Soutenu par

MBALLA ESSAH Sylvain

Matricule : 18W 304

Mémoire de fin d'étude présenté et soutenu en vue de l'obtention du Diplôme de Professeur des Lycées d'Enseignement Technique de Deuxième grade (DIPET II).

A été soutenu le : 07 juillet 2020

Devant le jury composé de :

- **Président** : Pr ATANGANA ATEBA
- **Rapporteur 1** : Pr BETENE Fabien
- **Rapporteur 2** : Dr TAWE LAYNDE
- **Examineur** : Dr KOUMI Simon